

ECOLOGISCHE INVENTARISATIE VAN HET IJSSELMEER

Bopp van Dessel

RIN-rapport 88/36

130848

Rijksinstituut voor Natuurbeheer

Texel

1988

RIJKSINSTITUUT VOOR NATUURBEHEER
VESTIGING TEXEL
Postbus 59, 1790 AB Den Burg
Texel, Holland

BIBLIOTHEEK
RIJKSINSTITUUT VOOR NATUURBEHEER
POSTBUS 3201
6800 HB ARNHEM-NEDERLAND

R.I.N.-RAPPORT.T



INHOUD

VOORWOORD

1	INLEIDING	6
2	HYDROGRAFIE	7
2.1	Gebiedsbeschrijving	7
2.2	De waterbalans en -beweging	10
2.3	Watertemperatuur	12
2.4	Weersomstandigheden	12
2.5	Opwerveling en sedimentatie	18
3	WATERKWALITEIT	20
3.1	Algemeen	20
3.2	Chloridegehalte	20
3.3	Zuurstofgehalte	22
3.4	Zuurgraad	23
3.5	Nutriëntenconcentraties	24
3.5.1	Fosfaat	27
3.5.2	Stikstof	28
3.5.3	Silicium	30
3.6	Verontreiniging van het water	30
3.7	Verontreiniging van de bodem	33
4	LEVENSMEENSCHAP VAN DE BODEM	36
4.1	Algemeen	36
4.2	Fytobenthos	36
4.3	Zoöbenthos	36
4.4	Benthische bacteriën	41
5	LEVENSMEENSCHAP VAN HET VRIJE WATER	42
5.1	Algemeen	42
5.2	Fytoplankton	42
5.2.2	Biomassa en produktie	45
5.3	Zoöplankton	45
5.4	Vissen en vogels	47
5.5	Pelagische bacteriën	47

6	VISSEN EN VISSERIJ	48
6.1	Algemeen	48
6.2	Soortenbeschrijving	50
6.3	Visserij	53
7	VOGELS	60
7.1	Algemeen	60
7.2	De functies van het IJsselmeer	60
7.2.1	Foerageerfunctie	62
7.2.2	Rustfunctie	62
7.2.3	Ruifunctie	62
7.2.4	Baltsfunctie	62
7.2.5	Broedplaatsfunctie	62
7.3	De soorten en hun verspreiding	63

LITERATUUR

SAMENVATTING

Bijlagen

VOORWOORD

Het IJsselmeergebied heeft door de centrale ligging in Nederland en het grote oppervlak aan ondiep en zoet water, een groot aantal gebruiksfuncties. De natuurfunctie is er één van. Met name als foerageer- en verblijfplaats van watervogels heeft het IJsselmeer internationale faam.

In dit rapport wordt, in opdracht van de Nederlandse Aardolie Maatschappij, een overzicht gegeven van de huidige kennis van het IJsselmeer. De nadruk ligt hierbij op het open water. Tevens wordt een recent beeld gegeven van de IJsselmeervisserij.

de Directie

1 INLEIDING

In 1932 werd de Afsluitdijk voltooid. Daarmee hield de Zuiderzee op te bestaan en ontstond het IJsselmeer. Na tal van waterbouwkundige ingrepen bestaat het IJsselmeergebied momenteel uit twee grote zoetwatermeren (Klein IJsselmeer en Markermeer), een aantal kleinere randmeren en ingepolderde en drooggelegde gebieden.

Het IJsselmeer is een uniek gebied en heeft een groot aantal (gebruiks)functies, die zich niet altijd goed laten combineren. Dit leidde en leidt tot tegengestelde belangen van betrokken partijen en soms tot conflicten.

De bedoeling van deze literatuurstudie in opdracht van de Nederlandse Aardolie Maatschappij is een overzicht te geven van de huidige ecologische kennis van het open-water-ecosysteem van het IJsselmeer. De oeverzones worden buiten beschouwing gelaten en andere functies dan de natuurfunctie en de IJsselmeervisserij komen niet ter sprake.

In hoofdstuk 2 worden de fysische en in hoofdstuk 3 de chemische omstanigheden in het gebied beschreven. Hoofdstuk 4 behandelt de bodem van het IJsselmeer. In hoofdstuk 5 wordt de levensgemeenschap van het vrije water beschreven. Hoofdstuk 6 geeft een recent beeld van de gegevens over de ecologie van de vissoorten in het IJsselmeer en de IJsselmeervisserij. In hoofdstuk 7 wordt de functie van het IJsselmeer voor de belangrijkste vogelsoorten gegeven. De rapportage wordt besloten met de samenvatting, literatuurlijst en lijsten van in het IJsselmeer geïnteresseerde instituten en bij het IJsselmeer betrokken belangengroepen (resp. hoofdstuk 8, 9 en 10).

In dit rapport is uitgegaan van bestaande onderzoekspublikaties en overzichtsrapporten. Met name de rapporten van Brocades Zaalberg (1985) en van de Pomp Accumulatie Centrale (PAC 1985) waren hierbij zeer nuttig.

Ten slotte dient opgemerkt te worden dat deze literatuurstudie geen sluitend beeld kan geven van de ecologie van het IJsselmeer. Het ecologisch onderzoek in het IJsselmeer is in tijd en qua onderwerp versnipperd uitgevoerd. Sommige organismengroepen zijn hierdoor slechts lang geleden, weinig of helemaal niet bestudeerd.

2 HYDROGRAFIE

2.1 Gebiedsbeschrijving

Na voltooiing van de Afsluitdijk (1932), de aanleg van de Wieringer-meerpolder (1930), de Noordoostpolder (1942), Oostelijk Flevoland (1957), Zuidelijk Flevoland (1967) en de Houtribdijk tussen Lelystad en Enkhuizen (1975) bestaat het IJsselmeergebied uit polders (165 000 ha), randmeren (11 400 ha) en open water (192 500 ha) (Fig. 1). Van dit open water maken het Klein IJsselmeer (61 000 ha) en het Markermeer (119 000 ha), gescheiden door de Houtribdijk, het grootste deel uit.

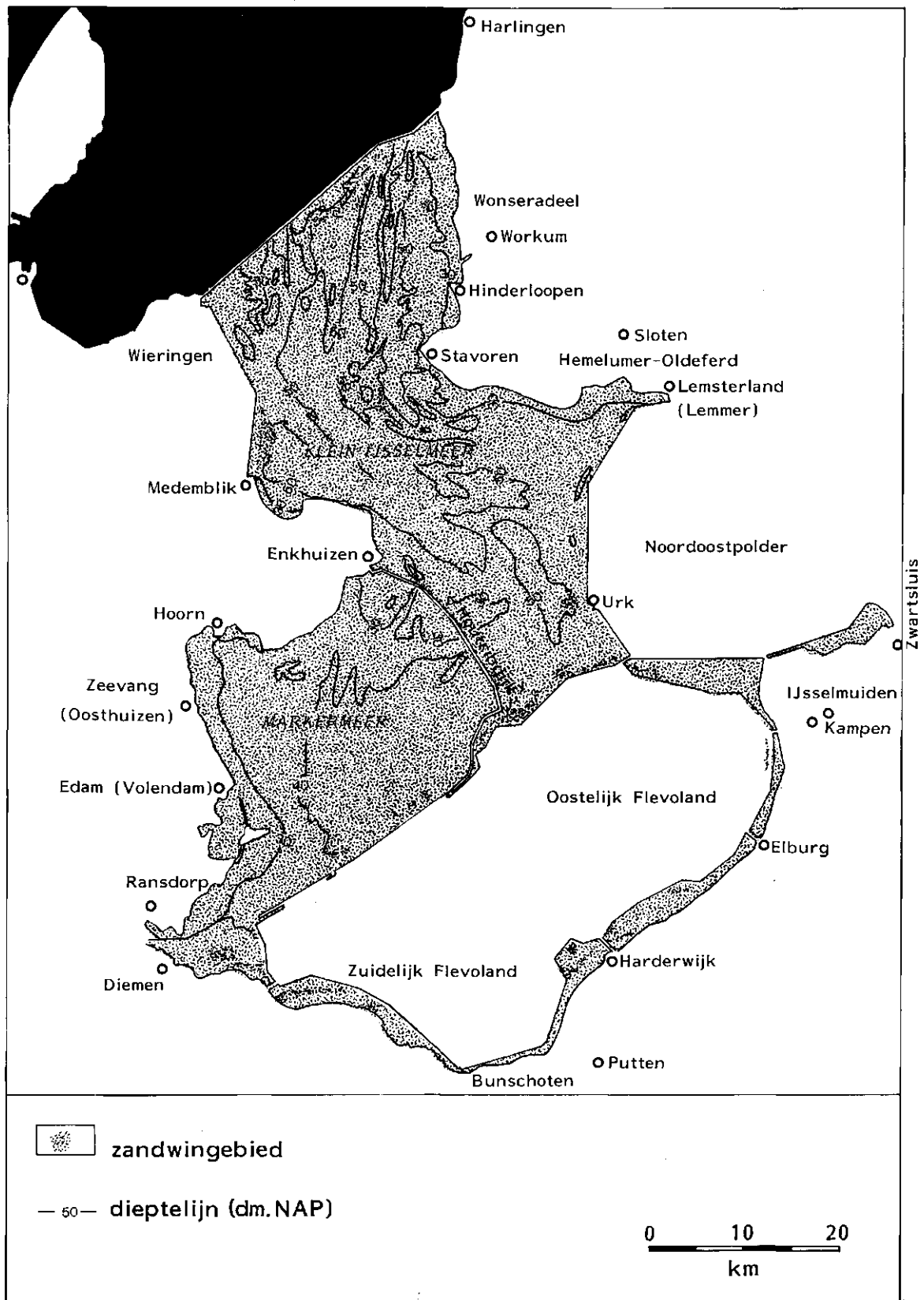
Het IJsselmeer wordt gevormd door de aaneenschakeling van het Klein IJsselmeer, het Ketelmeer, het Markermeer en het IJmeer. Het is een van de grootste ondiepe zoetwatermeren van de wereld.

Het Klein IJsselmeer heeft een gemiddelde diepte van 4,5 m. 14 % van het Klein IJsselmeer is ondieper dan 3 m. Deze ondiepte ligt voor een klein gedeelte boven het Enkhuizerzand en voor het merendeel langs de Friese kust (Fig. 1). De grootste diepten, 8-9 m, worden gemeten tussen Enkhuizen en Stavoren in de voormalige stroomgeulen van de Zuiderzee (Berger 1987). Bovendien zijn er lokaal zeer diepe putten (tot 45 m) op plaatsen, waar zand gewonnen werd en wordt. De plaatsen van deze putten zijn aangegeven in Figuur 1. De diepere geulen in het noordelijk deel van het Klein IJsselmeer, voorheen de getijdegeulen, zijn inmiddels gedeeltelijk dichtgeslibd met materiaal afkomstig uit de IJssel.

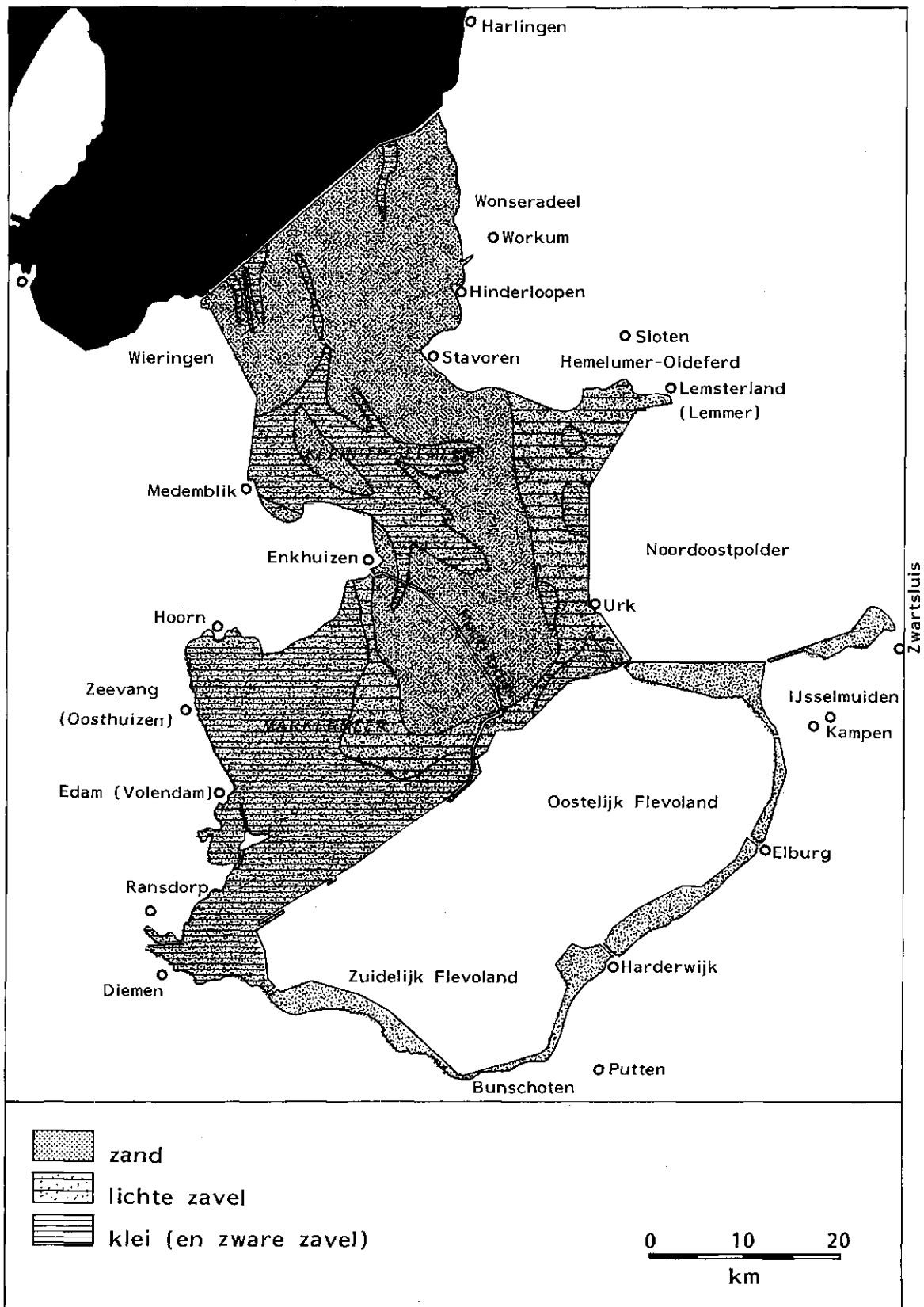
Omdat het Klein IJsselmeer grotendeels omgeven wordt door polders, de Afsluitdijk en de Houtribdijk, worden 135 km van de 200 km lange oever gevormd door dijken. De 65 km lange meer natuurlijke kust ligt tussen Enkhuizen en Medemblik (13 km) en langs de provincie Friesland.

Voor het Markermeer bedraagt de gemiddelde diepte 3,3 m (RWS-ZZW 1983, Berger 1987). Het Markermeer wordt van west naar oost dieper: voor de Noordhollandse kust 2-3 m; meer naar het oosten 4-5 m. Ook in het Markermeer zijn zandwinputten gesitueerd (Fig. 1).

De bodem van het Markermeer bestaat grotendeels uit klei. Het Klein IJsselmeer heeft een overwegend zandig sediment (Fig. 2). Klei wordt er in dit deel van het meer wel gevonden in de voormalige stroomgeulen in de Zuiderzee. Het betreft hier jong afgezet IJsselslib (Ente 1981b).



Figuur 1. Kaartje van het IJsselmeergebied. Aangegeven zijn de zandwin-gebieden en dieptelijnen (decimeters beneden NAP) (naar Brocades Zaalberg 1985).



Figuur 2. De bodemsamenstelling van het IJsselmeer (bron: Rijkswaterstaat 1976).

2.2 De waterbalans en -beweging

In het IJsselmeer monden een aantal rivieren: de IJssel, de Overijsselse Vecht, het Zwarte Water, de Eem en tal van kleinere beekjes en afwateringen. De IJssel, zorgdragend voor de afvoer van 15-17% van het Rijnwater bij Lobith, is de grootste waterleverancier van het IJsselmeer. In Tabel 1 zijn twee waterbalansen voor het Klein IJsselmeer gegeven. Het verschil tussen beide berekeningen is gevolg van het feit dat een balans voor het Klein IJsselmeer niet op basis van louter veldmetingen gemaakt kan worden. De benodigde kennis van de dwarstransporten in stagnante bekkens, om hiervoor de compenseren, ontbreekt (Claessen in Hooghout 1981). Bij Andijk wordt water ingenomen voor de drinkwatervoorziening. Voor de waterbalans zijn dit te verwaarlozen hoeveelheden ($15 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per jaar; PWN, pers. med.; NV-Watertransport Kennemerland $49 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, daarvan 12 milj. drinkwater en 33 milj. industrie).

Tabel 1. Waterbalans van het Klein IJsselmeer (naar Berger 1987, PAC 1985).

Aanvoer	10^9 m^3		Afvoer	10^9 m^3	
	Berger	PAC		Berger	PAC
IJssel	8,0	12	Markermeer	1,6	1,4
omringende polders	2,9	4,2	Friese boezem	0,4	0,9*
neerslag	0,8	0,9	verdamping	0,8	0,8
			Waddenzee	8,8	14
totaal	11,7	17,1		11,6	17,1

* inclusief Noord-Holland, Drenthe en Overijssel

Regelmatige grootschalige circulatiestromingen ontbreken in het Klein IJsselmeer. Wel is er sprake van een netto-waterbeweging van de waterinlaat (Ketelmeer, gevoed door de IJssel) naar de spuiscuizen in de Afsluitdijk. Daarnaast zorgt de wind voor grote, min of meer onregelmatige waterverplaatsingen (2.4).

De stroomsnelheden in het Klein IJsselmeer liggen bij rustig weer in de orde van 0 tot enkele centimeters per seconde, afhankelijk van de locatie en van de spuiactiviteiten. Hogere stroomsnelheden, in de orde

van tientallen centimeters per seconde, treden op in door de wind opgestuwde watermassa's en de compensatiestromen die daarvan het gevolg zijn (2.4). De gemiddelde verblijftijd van het water bedraagt 0,4 jaar (Berger 1987).

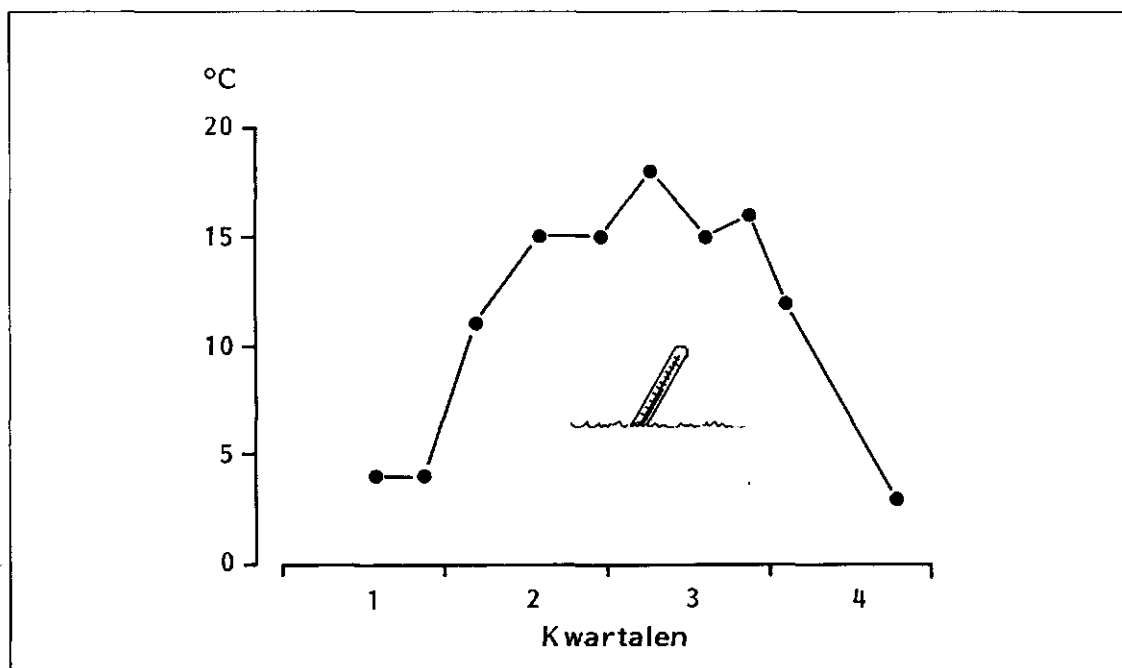
De afvoer van het Klein IJsselmeer naar het Markermeer varieert van 40 m³/s in de winter tot 70 m³/s 's zomers. Dit water is nodig om in het Markermeer de verdamping te compenseren, voldoende doorspoeling te bewerkstelligen (Brocades Zaalberg 1985), en verzilting door lozing van brak uitslagwater van Flevoland tegen te gaan (PAC 1985). In Tabel 2 is de waterbalans voor het Markermeer gegeven:

Tabel 2. Waterbalans voor het Markermeer (RWS-RIZA 1984)

Aanvoer in 10 ⁹ m ³		Afvoer in 10 ⁹ m ³	
IJsselmeer	1,40	verdamping	0,5
Gooimeer	0,34	doorspoeling	
Flevoland	0,42	Noordzeekanaal	2,3
Noord-Holland	0,14		
neerslag	0,54		
totaal	2,84		2,8

In het Markermeer is er een netto-waterverplaatsing van de Houtribsluizen naar het Noordzeekanaal. De stroomsnelheid bedraagt, ten tijde van spui, hooguit enkele mm per seconde en de gemiddelde verblijftijd van het water in het Markermeer is ongeveer 1,0 jaar. Indien er niet doorgespoeld zou worden met Klein IJsselmeerwater, zou de verblijftijd 1,8 jaar zijn (Berger 1987). Ook hier is de wind een dominerende factor als het gaat om de horizontale waterbeweging (2.4).

Naast de horizontale is de verticale waterbeweging, de menging van de waterkolom van belang. Vanwege de geringe diepte in het IJsselmeer is slechts weinig golfslag nodig om wateruitwisseling te krijgen over de gehele waterkolom. Matige wind is reeds voldoende. Zowel in het Klein IJsselmeer als het Markermeer is daarom het water doorgaans goed gemengd. In de zandwinputten is de verticale waterbeweging (vooral 's zomers) te beperkt om een volledige menging te verkrijgen zodat tijdelijke watergelaagdheid (stratificatie) kan optreden (2.3) (Onderzoekcommissie Diepe Putten 1981).



Figuur 3. Watertemperatuurverloop in het Klein IJsselmeer in 1980 (Brocades Zaalberg 1985).

2.3 Watertemperatuur

Het IJsselmeer vriest in de winter zelden geheel dicht en heeft 's winters een gemiddelde watertemperatuur van $+2^{\circ}\text{C}$. In april en mei neemt de temperatuur snel toe tot ca. 20°C , om in september, oktober en november weer naar de winterwaarde te zakken (Fig. 3).

's Zomers kan er incidenteel temperatuurstratificatie optreden in rustig water door een snelle opwarming van de bovenste waterlaag. Tussen dit relatief warmere water, met een lagere soortelijke dichtheid, en de dieper gelegen, koudere lagen, treedt dan een verminderde uitwisseling op. Dit, uit ecologisch en waterkwaliteitsoogpunt, negatieve verschijnsel doet zich zelden voor in de ondiepe en goed gemengde gedeelten van het IJsselmeer, maar komt frequent en langdurig voor in de diepe zandwinputten. Hier kan het temperatuurverschil tussen de oppervlaktelaag en het diepe water oplopen tot $6-7^{\circ}\text{C}$ (Onderzoekcommissie Diepe Putten 1981).

2.4 Weersomstandigheden

Wind en temperatuur zijn belangrijke milieufactoren in het IJsselmeer gebied. Door de geringe diepte en het grote oppervlak van het vrije water treedt in het IJsselmeer gemakkelijk stuwing op onder invloed van wind. Bij noordwesterstorm kan dit verschijnsel waterstandsverhoging veroorzaken tot 1,60 m (Fig. 4), maar ook lagere windsnelheden hebben plaatselijk peilverhoging tot gevolg en elders verlaging. Deze opstuwing,

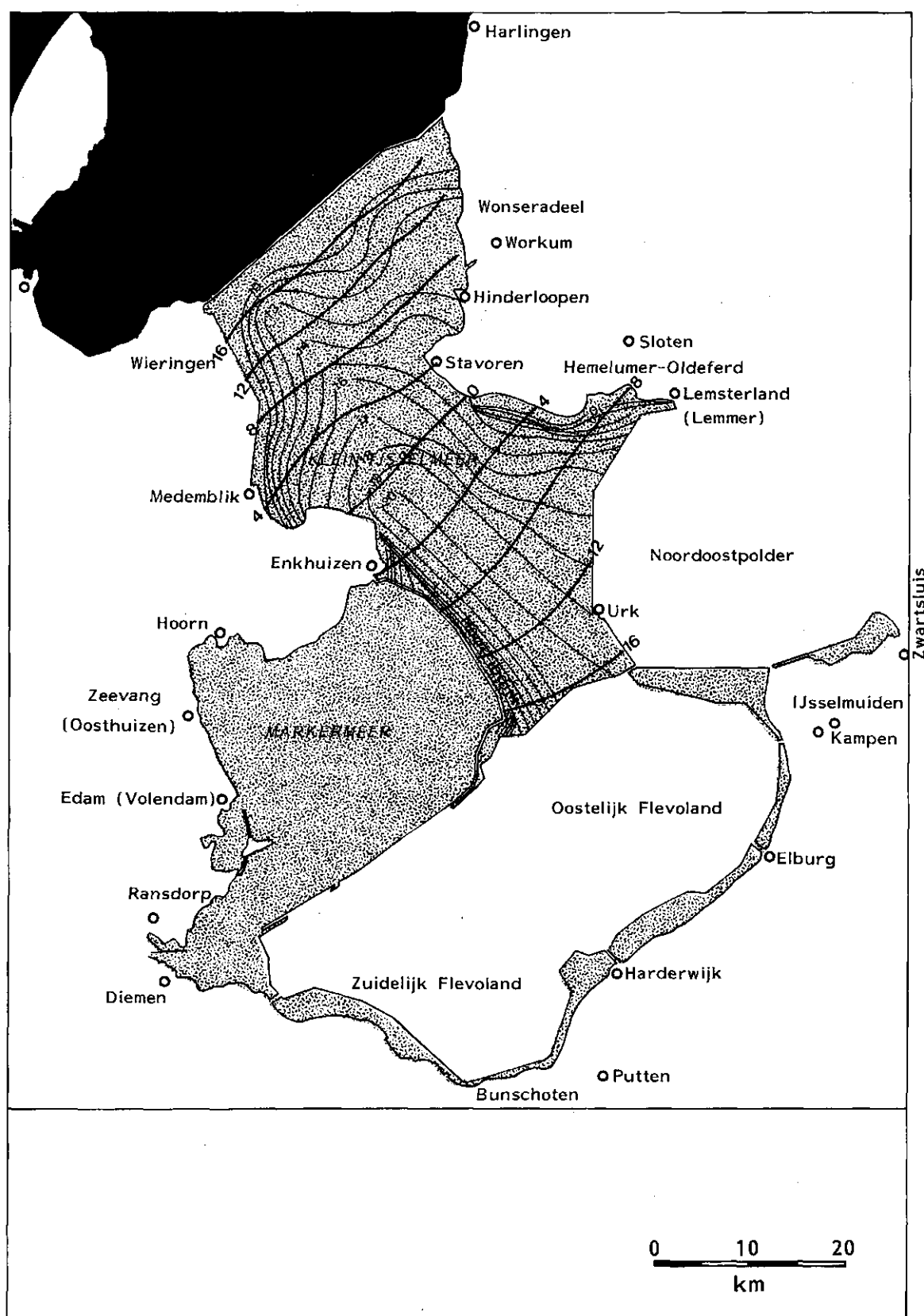
in combinatie met compensatiestromen in diepere waterlagen, zorgt voor een intensieve menging in zowel Markermeer als Klein IJsselmeer. Door de afhankelijkheid van windrichting en -kracht zijn de stromingspatronen in het IJsselmeergebied grillig. Het Waterloopkundig Laboratorium heeft door middel van modelberekeningen gevonden dat er in het Klein IJsselmeer bepaalde circulatiecellen ontstaan (PAC 1985). Indien de wind enige tijd aanhoudt uit een bepaalde richting en met een bepaalde snelheid, ontstaan er circulatiestromen (Fig. 5). Een indruk van de heersende winden wordt gegeven in Figuur 6.

Een tweede sterk windafhankelijk proces is het ontstaan van golfslag. Golfslag is belangrijk voor de verticale menging (2.3), de opwerveling van bodemmateriaal (2.5) en als milieufactor voor b.v. vogels (7) en blauwalgen (5). In Figuur 4 worden de berekende golfhoogten in het Klein IJsselmeer weergegeven bij noordwestenwind met een kracht van 30 m/sec (11 Beaufort).

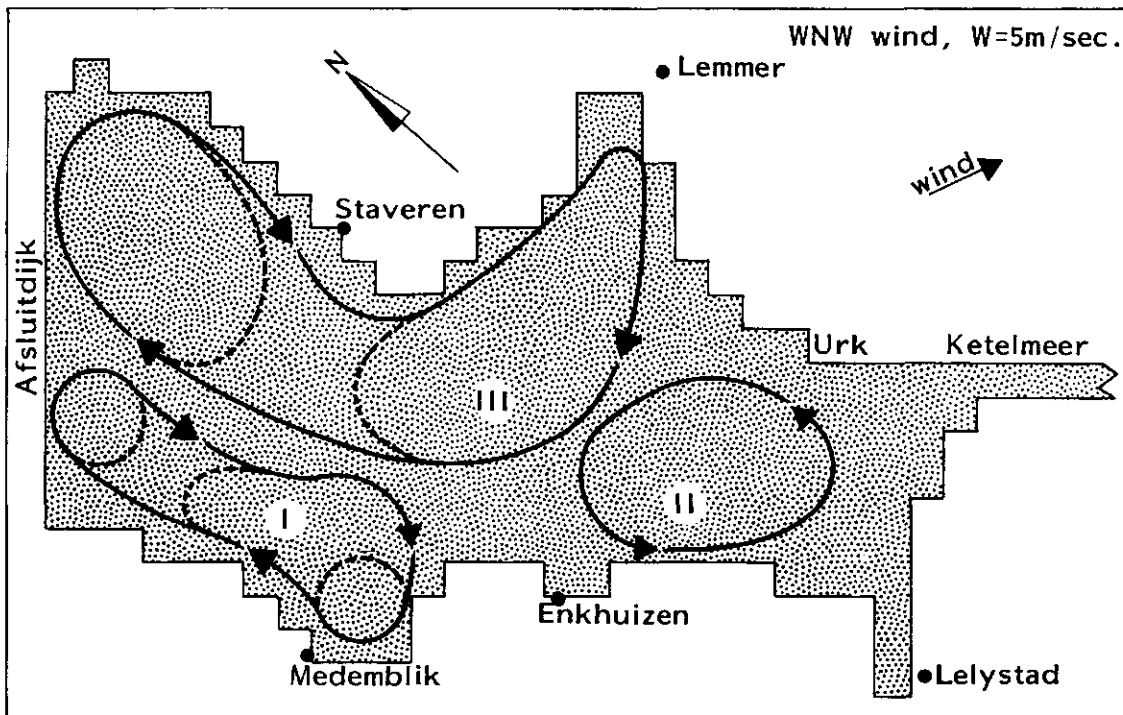
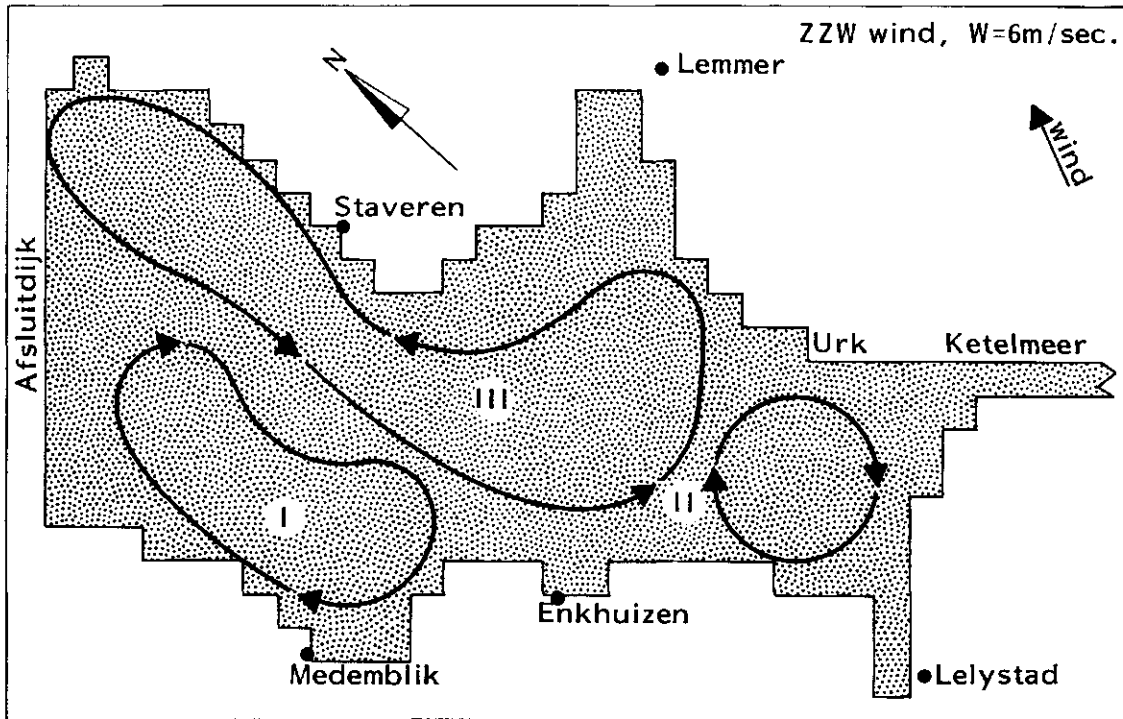
Vorst in combinatie met harde (meestal oostelijke) wind kan grondijs veroorzaken. Er ontstaat dan een 4-5 cm dikke ijslaag op de bodem. Dit ijs raakt los en komt als ijsschotsen drijvend aan het oppervlak. Grondijs verzamelt zich doorgaans aan de westoevers van het IJsselmeer, waar de schotsen aan elkaar vriezen. Dichtvriezen van het gebied treedt alleen op bij langdurige strenge vorst. Indien snelle dooi optreedt in combinatie met wind, kan het ijs gaan kruien en zich tot enkele meters hoog opstapelen tegen dijken. Dit treedt het meest frequent op aan de oostkant van het IJsselmeer tussen Lemmer en Urk en tegen de Houtribdijk afhankelijk van de wind (Tabel 3).

Tabel 3. IJsvorming op het IJsselmeer in de periode 1970/71 tot en met 1985/86 (RWS, IJverslagen 1970-1986).

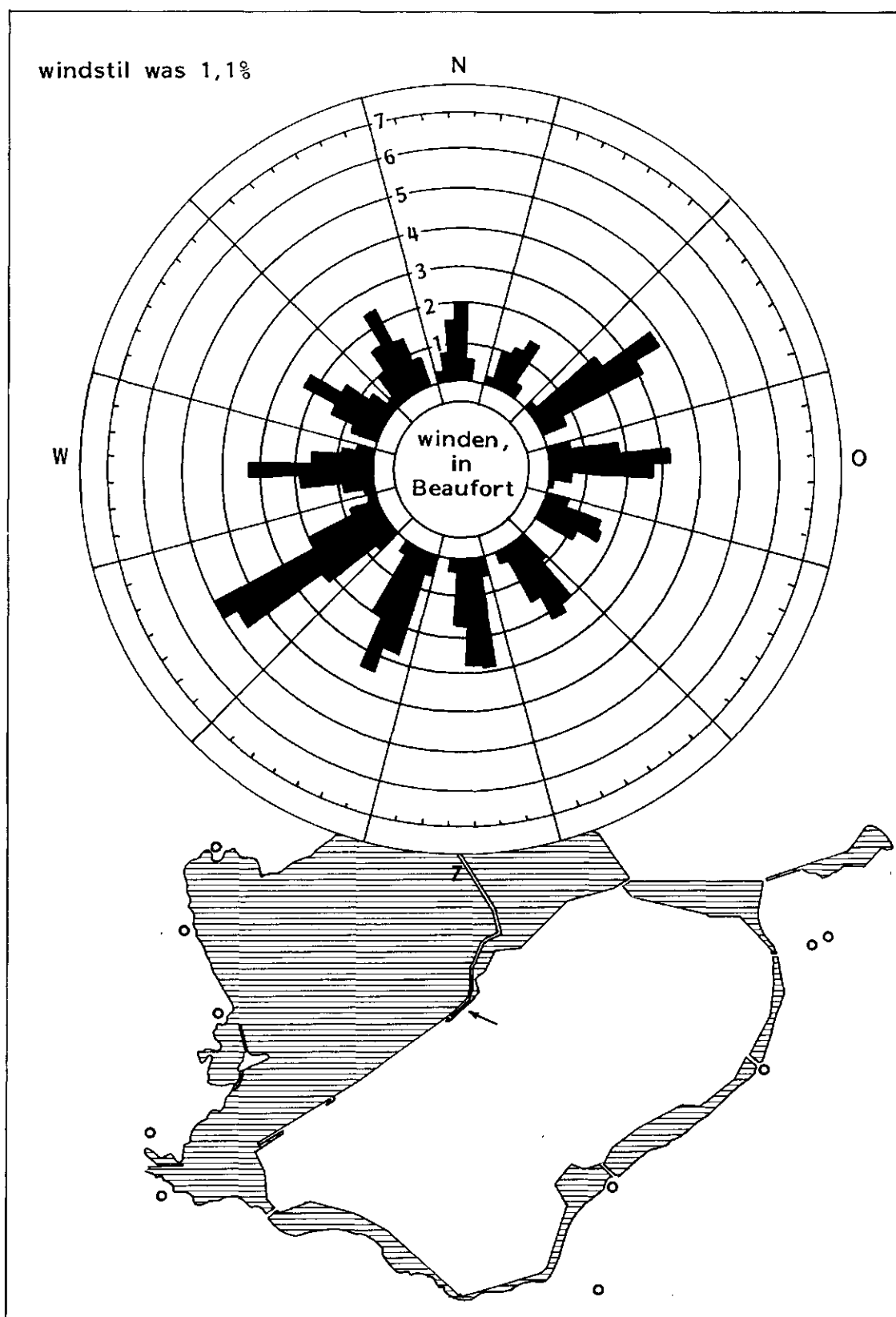
Winter	Aantal dagen ijs	Periode	Overwegende ijskwaliteit
70/71	43	26/12-29/1 + 4/3-11/3	zwaar drijf/vast ijs
71/72	44	17/1-29/2	middelzwaar-zwaar vast ijs
72/73	13	25/12-26/12	lokaal licht drijfijs
73/74	--	--	geen ijs
74/75	--	--	geen ijs
75/76	29	29/1-26/2	zwaar drijfijs/zwaar vast ijs
76/77	29	30/12-27/1	lokaal licht drijfijs
77/78	20	10/2-1/3	lokaal licht tot zwaar, drijvend vast ijs
78/79	91	7/12-11/12 + 20/12-27/12 + 30/12-17/3	zwaar vast ijs
79/80	20	13/1-11/2	middelzwaar vast/ zwaar drijfijs
80/81	10	22/2-3/3	lokaal licht drijfijs
81/82	61	15/12-13/2	zwaar drijfijs in geul/vast ijs
82/83	15	14/2-28/2	licht drijfijs
83/84	16	23/1-31/1 + 20/2-24/2	lokaal zeer licht drijfijs
84/85	66	5/1-11/3	zwaar vast ijs
85/86	60	3/1-17/1 + 5/2-21/3	zwaar vast ijs



Figuur 4. Op- en afwaaiing en golfhoogte in het Klein IJsselmeer (berekenende waarden in dm) bij noordwestenwind met 11 Bft. (30 m/s) (PAC 1985).



Figuur 5. Berekende circulatiepatronen in het Klein IJsselmeer, bij zuidzuidwestenwind, 6 m/sec (A) en westnoordwestenwind 5 m/sec (B) (PAC 1985).



Figuur 6. Overzicht van de windrichtingen en windsnelheden (Bft.) te Lelystad-Haven (1963-1978), berekend op grond van uurgemiddelden (PAC 1985).

2.5 Opwerveling en sedimentatie

Door de aanleg van de Houtribdijk (1975) is een einde gekomen aan het op grote schaal uitspoelen (definitief wegspoelen van slib op een bepaalde plaats) en neerslaan van slibdeeltjes. Dit proces van grote netto-slibverplaatsing was al in omvang afgenomen als gevolg van inpolderingen en dichtslibbing van de voormalige getijdegeulen. Het betrof hier vooral een slibtransport van het zuidelijke IJsselmeer (huidige Flevopolder) naar de diepe oude getijdegeulen in het noorden en naar het huidige Marker- en IJmeer (De Beaufort 1954).

In het Klein IJsselmeer en Markermeer vindt als gevolg van de overheersende westenwind nog steeds enig slibtransport plaats van het westen naar de diepere delen in het oosten (Ente 1981b). Van definitieve sedimentatie is echter geen sprake meer aangezien dit slib bij enige wind weer opgewerveld wordt.

Naast slibverplaatsingen binnen de meren, vindt er vooral in het Klein IJsselmeer aanvoer van (vervuild) Rijnslib plaats via de IJssel. Een groot deel van dit Rijnslib bezinkt in het Ketelmeer, een deel wordt meegespoeld naar het Klein IJsselmeer. De slibaanvoer overtreft de afvoer, zodat een accumulatie van slib in het IJsselmeer optreedt (PAC 1985). Dit slib bestaat voor meer dan 60% uit organisch materiaal (Postma 1981), wat grotendeels in de waterfase afgebroken wordt door bacteriën, waarna de vrijgekomen nutriënten het fytoplankton tot voedsel dienen (2.7). Een gedeelte van het afgestorven plankton en het onverteerde organisch materiaal uit de IJssel bezinkt, evenals de anorganische slibcomponenten. Het slib sedimenteert vooral bij de inlaat van het IJsselmeer (Ketelmeer, aangrenzende deel van het Klein IJsselmeer), maar komt onder invloed van waterbewegingen (wind) ook terecht in de voormalige getijdegeulen in het Klein IJsselmeer en het Markermeer. In het Klein IJsselmeer vindt een jaarlijkse sedimentatie plaats van ongeveer 10^6 ton materiaal. Hiervan is 35% door de IJssel aangevoerde zwevende stof, 12% in het meer zelf geproduceerde organische stof (algen) en 45% neergeslagen CaCO_3 (PAC 1985). Het slibgehalte van het water is in het Markermeer hoger dan in het Klein IJsselmeer en het IJmeer (Tabel 4).

Tabel 4. Slibgehalten (mg/l) van het water in het IJsselmeergebied in de periode 1976-1979 (Berger 1982). Tevens zijn voor het Markermeer en Klein IJsselmeer gemiddelde waarden over de periode 1981-1986 gegeven voor gehalte aan zwevende deeltjes (mg/l) en doorzicht (dm) (RWS, RIV, RID 1981-1986).

Meer	Slibgehalte mg/l	Zwevende deeltjes mg/l	Doorzicht dm
Markermeer	35,8	58,1	4,0
IJmeer	16,1	--	--
Klein IJsselmeer zuid	16,5	) 33,3	) 5,4
Klein IJsselmeer noord	9,5))

Dit is een gevolg van het feit, dat het sediment in het Markermeer veel slibrijker is dan de overwegend zandige bodem van het Klein IJsselmeer. Op de bodem liggend slib wordt in het IJsselmeer, als gevolg van de ondiepte en het frequent voorkomen van harde wind, gemakkelijk opgewerveld. Het veroorzaakt dan in combinatie met de reeds aanwezige zwevende deeltjes (met name algen) een hoge troebelheid en gering doorzicht van het water. Het verschil tussen Marker- en IJmeer wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van slibvangende diepe zandwinputten in het IJmeer.

3 WATERKWALITEIT

3.1 Algemeen

De waterkwaliteit is van groot belang voor de ecologie van het IJsselmeer en voor nagenoeg al zijn gebruiksfuncties (RWS, dir. ZZW/RIJP 1983; Hooghout 1981). Ze wordt bepaald door de kwaliteit van het toestromende water uit rivieren, beken, polders en zuiveringsinstallaties, in combinatie met een aantal fysische, chemische en biologische processen in het IJsselmeergebied zelf: menging en verwarming van water, oplossing, neerslaan, oxydatie en reductie van verbindingen, opbouw en afbraak van organische stof.

Achtereenvolgens zullen in dit hoofdstuk als aspecten van de waterkwaliteit aan de orde komen: chloridegehalte, zuurstofverzadiging, zuurgraad, nutriëntenconcentraties en verontreinigingen. Tevens wordt de vervuilingsgraad van de bodem beschreven en de invloed hiervan op het bovenstaande water.

3.2 Chloridegehalte

Het chloride-ion is inert; dat wil zeggen dat chloride niet deelneemt aan allerlei (bio)chemische processen. Het is wel ecologisch van belang als milieufactor, in verband met de zouttolerantie van verschillende organismen, en economisch als het gaat om de drinkwater-, landbouw- of doorspoelfunctie van het IJsselmeerwater.

Het plaatselijke chloridegehalte in het Klein IJsselmeer wordt bepaald door de aanvoer (Tabel 5) en afvoer van chloride, de waterstromingen, verdamping en neerslag.

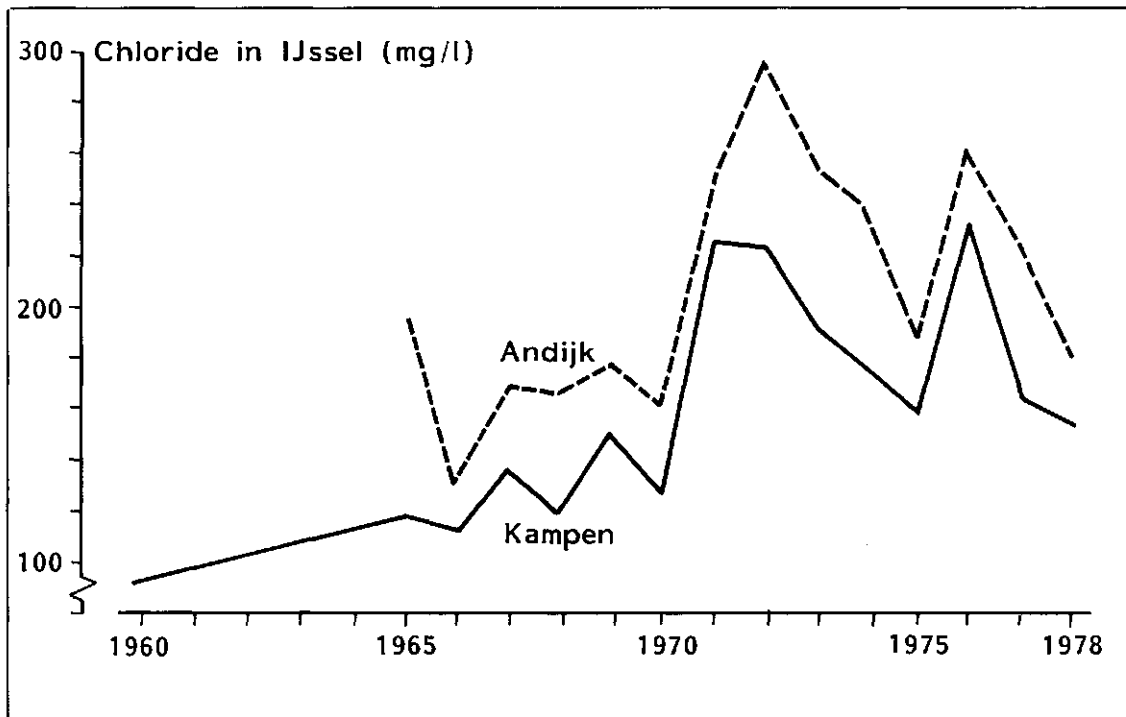
Tabel 5. Water- en chlorideafvoer naar het Klein IJsselmeer, gemiddeld over 1976-1978, PAC 1985).

	Water $10^6 \text{ m}^3 \text{ jaar}^{-1}$	%	Chloride $10^6 \text{ kg jaar}^{-1}$	%
IJssel	10 400	76	1 780	59
Noord-Holland	220	1,6	440	14,8
Afsluitdijk	0	0	340	11,4
overige aanvoer	2 940	22,4	440	14,8
totaal	13 600	100,0	3 000	100,0

Het chloridegehalte is in het begin van het jaar laag en neemt in de loop van de zomer toe (Tabel 6). Dit is het gevolg van een in de zomermaanden lagere IJsselaflow met een hoger chloridegehalte en een grotere verdamping op het IJsselmeer zelf. De invloed van de IJssel blijkt uit Figuur 7.

Tabel 6. Het gemiddelde chloridegehalte per kwartaal van het water in het Markermeer en Klein IJsselmeer, over de periode 1981-1986 (RWS 1981-1986).

	1e kwartaal	2e kwartaal	3e kwartaal	4e kwartaal
Klein IJsselmeer	134	140	164	171
Markermeer	204	200	200	197



Figuur 7. Jaargemiddelden van het chloridegehalte (mg/l) in de IJssel bij Kampen en in het Klein IJsselmeer bij Andijk in de periode 1960-1978 (PAC 1985).

In het noordelijk deel van het Klein IJsselmeer worden hogere chloridegehalten gemeten. Deze worden veroorzaakt door zoutpenetratie door de sluizen in de Afsluitdijk. In de periode 1981-1986 schommelde het chloridegehalte in het Klein IJsselmeer tussen 100 en 190 mg Cl^-/l met een gemiddelde van 150 mg/l (RWS, Dir. ZZW 1981-1986).

Het Markermeer heeft constantere zoutcondities. Als gevolg van zout uitslagwater van Flevoland zou het chloridegehalte gemiddeld 325 mg Cl^-/l bedragen. Door middel van doorspoeling met het Klein IJsselmeerwater (40-50 m^3/sec) wordt het zoutgehalte echter teruggebracht tot gemiddeld 200 mg Cl^-/l in 1981-1986 (RWS, Dir. ZZW 1981-1986).

Aangezien de grens tussen zoet en brak water doorgaans op 300 mg Cl^-/l gesteld wordt, kunnen beide meren als zoet gekenmerkt worden.

3.3 Zuurstofgehalte

Het zuurstofgehalte in het IJsselmeer wordt bepaald door fysische mengprocessen (stroming, golfslag) en de biologische produktie (fytoplankton) en consumptie (bacteriën, planten, dieren). Afgezien van bijzondere gevallen (zandwinputten, grote organische belasting), is er in het IJsselmeer voldoende menging om zuurstofarmoede te voorkomen. Dit is van belang omdat zuurstoftekort nadelig is voor veel waterorganismen en gepaard kan gaan met toxificatie (H_2S -, ammoniakvorming).

De jaarlijkse schommelingen in de zuurstofhuishouding zijn in het Klein IJsselmeer groter dan in het Markermeer (Tabel 7). Het betreft hier uitsluitend metingen overdag. 's Nachts stopt de zuurstofproduktie (fotosynthese) door algen bij gebrek aan zonlicht, terwijl allerlei zuurstofvragende stofwisselprocessen wel doorgaan. Hierdoor vertoont de zuurstofverzadiging van het water dagelijkse schommelingen met hoge waarden overdag, en lage 's nachts.

Tabel 7. Gemiddeld zuurstofgehalte (% verzadiging) per kwartaal van het water in het Markermeer en Klein IJsselmeer, over de periode 1981-1986 (RWS 1981-1986).

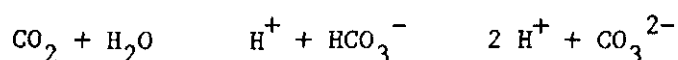
	1e kwartaal	2e kwartaal	3e kwartaal	4e kwartaal
Klein IJsselmeer	102	117	105	98
Markermeer	98	103	97	99

In de zomer is het water als gevolg van de algenbloei en de bijbehorende hoge zuurstofproduktie, oververzadigd. In de periode van afbraak van massaal afgestorven algen (nazomer, najaar) neemt de zuurstofvraag toe, terwijl de produktie ervan afneemt. Dan kan vooral in het zuidelijke Klein IJsselmeer plaatselijk onderverzadiging optreden en zijn tijdelijk lage zuurstofgehalten vlak boven de bodem mogelijk; ze treden vooral 's nachts op.

3.4 Zuurgraad

De zuurgraad in het IJsselmeer is van belang in verband met:

- ligging van het carbonaat/bicarbonaat-evenwicht;



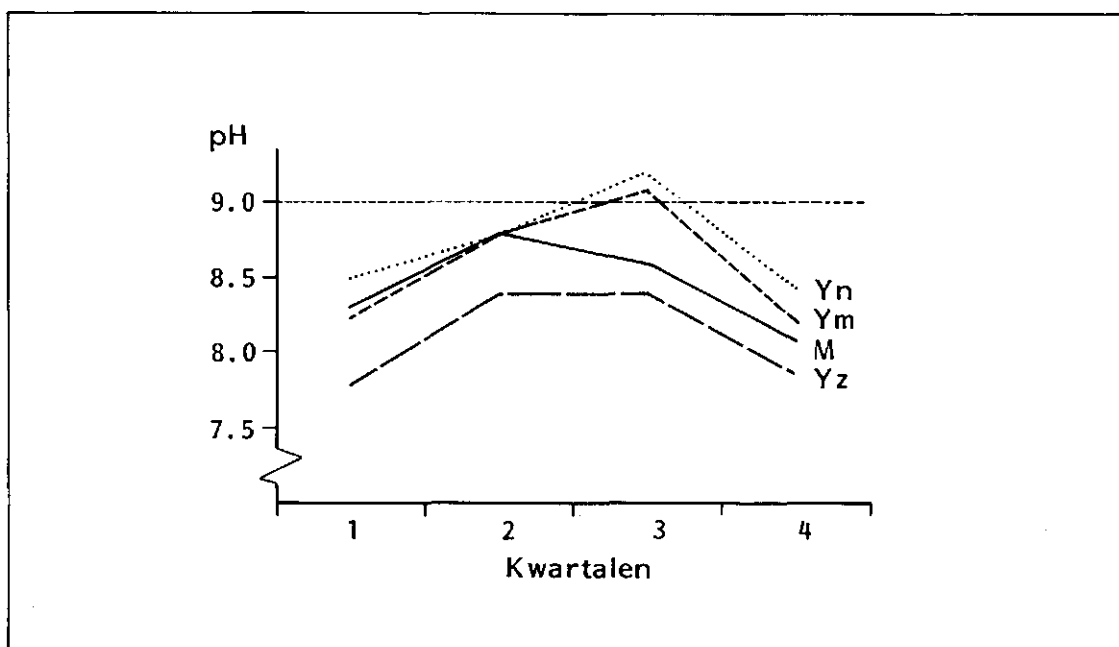
- oplosbaarheid van o.a. kalk en ijzerfosfaat;
- vrijkomen van mogelijk toxische stoffen (b.v. ammoniak).

De pH (maat voor de zuurgraad) in het gebied schommelt tussen 8 en 9. Deze wordt in belangrijke mate bepaald door biologische activiteit. De aërobe ademhaling door organismen heeft een verlaging van de zuurgraad tot gevolg, aangezien er hierbij CO_2 vrijkomt. Dit veroorzaakt verschuivingen in het carbonaat/bicarbonaat-evenwicht. De fotosynthetische activiteit van algen verhoogt de pH door onttrekking van bicarbonaat (Tabel 8).

De vrij hoge pH in het IJsselmeer (8-9) kan verklaard worden vanuit de fotosynthetische activiteit van het fytoplankton. Het betreft hier overdag gemeten pH-waarden. 's Nachts daalt de pH van de waterkolom, als gevolg van het uitblijven van fotosynthese in combinatie met het voortgaan van aërobe ademhaling.

Tabel 8. De gemiddelde zuurgraad (pH) per kwartaal van het water in het Klein IJsselmeer en het Markermeer, over de periode 1981-1986 (RWS 1981-1986).

	1e kwartaal	2e kwartaal	3e kwartaal	4e kwartaal
Klein IJsselmeer	8,2	8,8	9,1	8,3
Markermeer	8,1	8,5	8,4	8,1



Figuur 8. Verloop van de pH in het zuidelijk (Yz), midden (Ym) en noordelijk (Yn) deel van het Klein IJsselmeer en het Markermeer (m) in 1982 (Brocades Zaalberg 1985).

In het Klein IJsselmeer neemt de pH van zuid naar noord toe, mogelijk als gevolg van een gradiënt in de algenproductie (Fig. 8). 's Zomers worden de hoogste waarden gevonden. In het noorden en midden van het Klein IJsselmeer kan dan de viswaternorm van pH 9 (RWS, directie ZZW 1983) overschreden worden.

3.5 Nutriëntenconcentraties

In het IJsselmeer is sprake van eutrofiëring, d.w.z. een nettotoename van het gehalte aan de nutriënten fosfaat, stikstof en silicium (Hooghout 1981). De eerste twee zijn onmisbare voedingsstoffen voor alle plantaardige organismen, de laatste alleen voor de groep van de diatomeeën (kiezelwieren).

Eutrofiëring veroorzaakt een toename van de hoeveelheid algenbiomassa, te meten als het chlorofylgehalte van het water. De omvang van de algenpopulaties bepaalt in belangrijke mate het zwevende-stofgehalte in het water en het doorzicht. Daarnaast gaat een toename van algen gepaard met een vergroting van de hoeveelheid dood organisch materiaal (algen) aan het eind van het algengroei seizoen. Het plotselinge instorten van algenpopulaties kan dan resulteren in bezinking van grote hoeveelheden organische deeltjes en zuurstofonderverzadiging. Eutrofiëring heeft derhalve verstrekkende ecologische gevolgen.

De belasting van het IJsselmeer met nutriënten is in hoofdzaak afkomstig van de IJssel (Tabel 9).

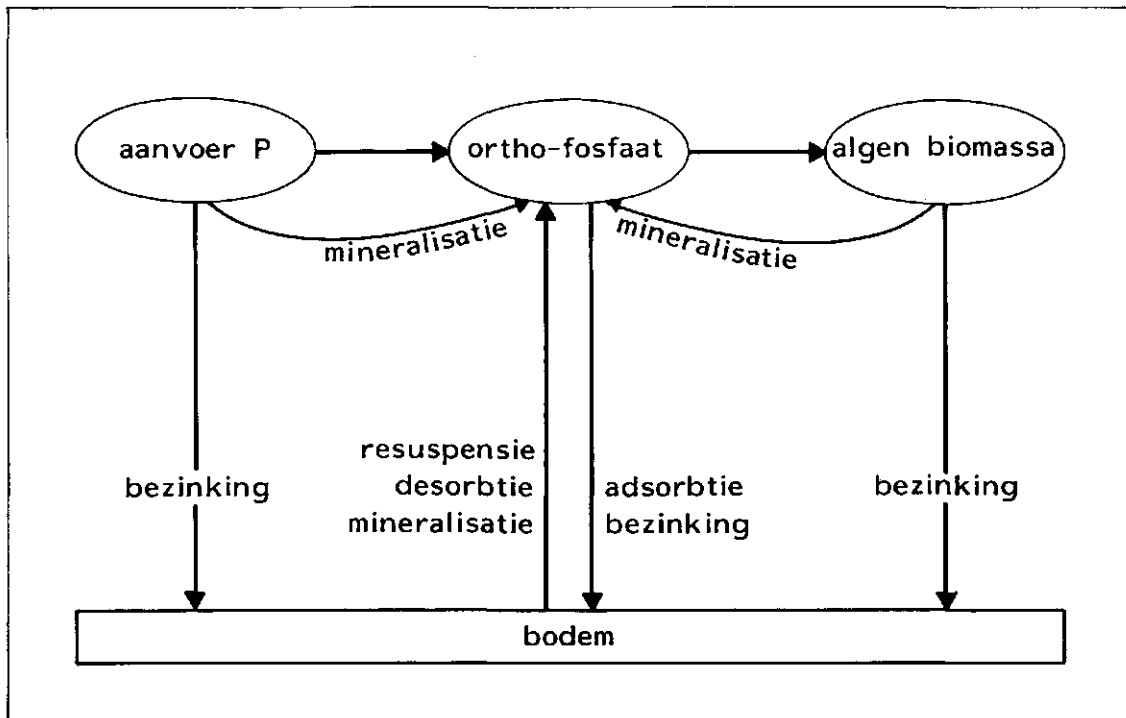
Tabel 9. Toevoer van nutriënten naar het Klein IJsselmeer (1976-1978) (PAC 1985, Postma 1981, Claessen in Hooghout 1981).

Bron	ton fosfaat/jaar	%	ton stikstof/jaar	ton silicium/jaar
IJssel	7 150	87	69 060	3 500
Zwarte Meer	540	7	?	?
overige	550	7	?	?
totaal	8 240	101		

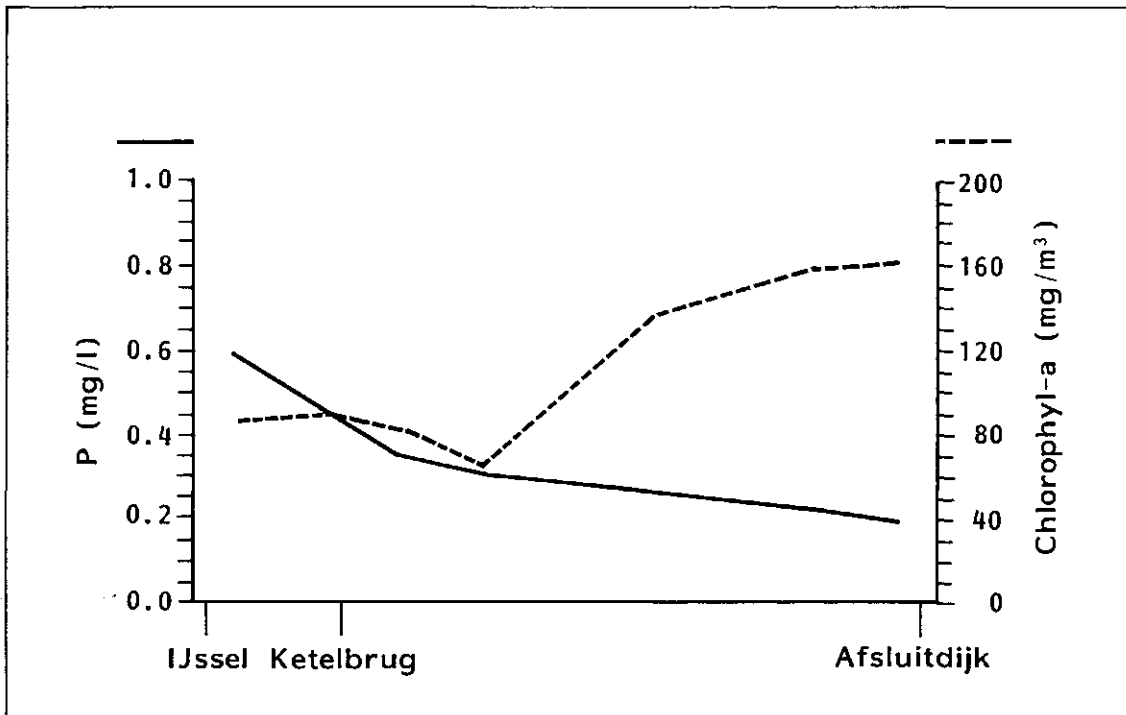
De aanvoer van fosfaat, stikstof en silicium overtreft de afvoer. Hieruit volgt dat ophoping van nutriënten plaatsvindt in het IJsselmeer. Postma (1981) concludeert uit de verhouding van het in het IJsselmeer achtergebleven hoeveelheden fosfaat en stikstof (ongeveer in de verhouding 1:7) dat de meeste nutriënten vastgelegd worden als organische stof. De gemiddelde fosfaat-stikstofverhouding in een fytoplanktonpopulatie is namelijk ook ongeveer 1:7. Van het aangevoerde silicium blijft 75% eveneens als organische stof (diatomeeënresten) in het IJsselmeer achter. In Tabel 10 worden voor de periode 1981-1986 de kwartaalwaarden gegeven van het fosfor-, stikstof- en siliciumgehalte in het water van het Markermeer en Klein IJsselmeer.

Tabel 10. De kwartaalwaarden (mg/l) voor het orthofosfaat, totaalfosfaat-, nitraat-, ammonium- en silicaatgehalte van het water in het Klein IJsselmeer en Markermeer over de periode 1981-1986 (RWS, RIV, RID 1981-1986).

Nutriënt mg/l	Klein IJsselmeer				Markermeer			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
orthofosfaat	0,16	0,07	0,09	0,15	0,04	0,01	0,01	0,02
totaalfosfaat	0,35	0,22	0,30	0,33	0,15	0,13	0,13	0,20
nitraat	4,21	3,24	0,84	1,48	0,92	0,67	0,59	0,22
ammonium	0,25	0,05	0,06	0,13	0,06	0,04	0,04	0,05
silicaat	2,23	0,42	0,34	0,80	0,89	0,30	0,61	0,40



Figuur 9. Schematisch verloop van de fosfaatkringloop (naar Brocades Zaalberg 1985).



Figuur 10. Totaalfosfaatgehalte (—) in mg/l en chlorofyl-a-gehalteverloop (---) in mg/m³ in het IJsselmeer van de IJssel naar de Afsluitdijk, gemiddeld over het zomerhalfjaar van 1979 (naar PAC 1985).

3.5.1 Fosfaat

Fosfor komt in het IJsselmeer hoofdzakelijk voor als orthofosfaat (PO_4^{3-}) of als organisch fosfaat (Brocades Zaalberg 1983). Via mineralisatie (afbraak) door bacteriën wordt het organisch fosfaat omgezet in orthofosfaat. Dit kan dienen als voedsel voor algen. De opname van fosfaten door algen leidt, vooral in het Klein IJsselmeer, tot een daling van het fosfaatgehalte van het water, gedurende de algenbloei in de zomer en nazomer (Tabel 10). Een deel van het ortho- en organisch fosfaat is geadsorbeerd aan bodemdeeltjes. Na redoxreacties en bij pH-wisselingen komt dit geadsorbeerde fosfaat in oplossing. In Figuur 9 wordt de fosfaatkringloop schematisch weergegeven.

Het fosfaatgehalte in het water van het Klein IJsselmeer vertoont een gradiënt van zuid (hoog fosfaatgehalte) naar noord (laag fosfaatgehalte) onder invloed van de toevoer van fosfaatrijk IJsselwater (Fig. 10). Het verschijnsel dat de fytoplanktonbiomassa (chlorofylgehalte) in het noorden toch hoger is dan in het zuiden (Fig. 10) is een kwestie van tijd: tegen de tijd dat de door de IJssel aangevoerde algen een bloei gaan vertonen, is de watermassa in noordelijker streken beland (Brocades Zaalberg 1985). Vanaf 1975 is het orthofosfaatgehalte in het Klein IJsselmeer toegenomen. Dit is mogelijk het gevolg van de voortdurende toename in aanvoer van orthofosfaat, de aanleg van de Houtribdijk en een groeiende fosfaatafgifte door de bodem van het IJsselmeer. Bij dit laatste speelt de zandwinning een rol. Als gevolg van het chemische klimaat (anaërobie) in de diepe zandwinputten is de fosfaatafgifte door de bodem 5-50 keer hoger dan elders (De Jong 1982). Gezien de huidige oppervlakte van deze putten kan dit lokaal wel van belang zijn, maar is het in het algemeen niet van grote invloed (Onderzoekcommissie Diepe Putten 1981).

In het Markermeer is het fosfaatgehalte na de aanleg van de Houtribdijk enigszins afgenomen (De Wit 1980). Het gehalte aan orthofosfaat is aanzienlijk lager dan in het Klein IJsselmeer. Door de grote hoeveelheid in het water zwevende fosfaathoudende bodemdeeltjes en algen is het verschil in totaalfosfaatgehalte tussen beide meren minder groot (Tabel 10). De belangrijkste externe fosfaatbron voor het Markermeer is het Klein IJsselmeer (Tabel 11).

Tabel 11. Toevoer van fosfaten naar het Markermeer (RWS-ZZW 1983)

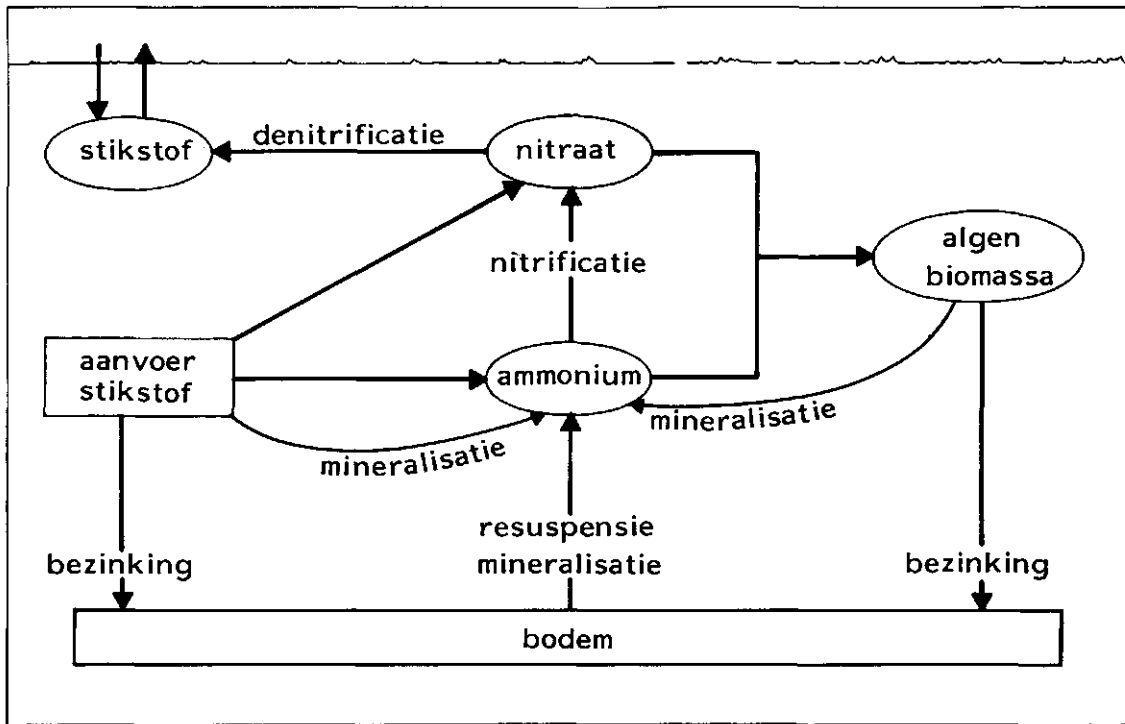
Fosfaatbron	ton fosfaat per jaar
IJsselmeer	430
Gooimeer	275
Noord-Holland	240
Flevoland	60
totaal	975

In het IJmeer is de fosfaatafgifte door de bodem van belang vanwege de hoge dichtheden van zandwinputten (6% van de totale fosfaatbelasting komt uit de putten). Voor het Markermeer als geheel is deze belasting verwaarloosbaar.

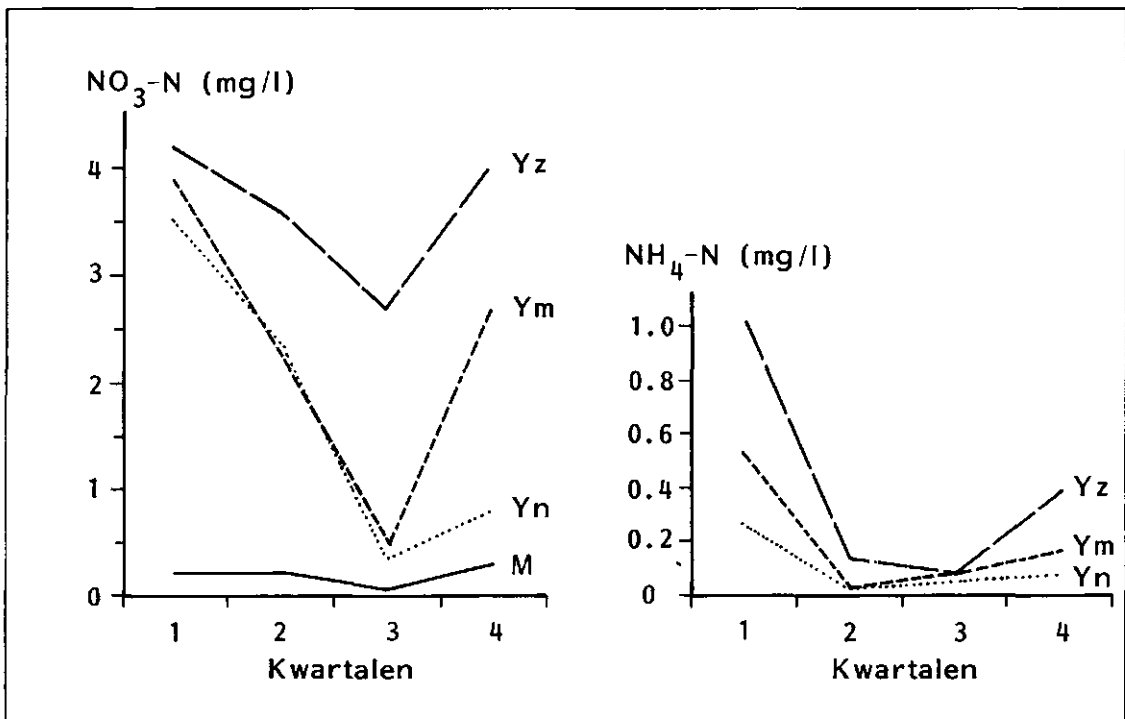
3.5.2 Stikstof

De stikstofverbindingen NO_2 , NO_3^- en NH_4^+ kunnen door algen worden opgenomen. Stikstof als onderdeel van organische moleculen (b.v. eiwitten) moet eerst worden vrijgemaakt via mineralisatie alvorens het beschikbaar is voor de primaire producenten. In Figuur 11 wordt de stikstofkringloop voor een gebied als het Klein IJsselmeer gegeven. De aangevoerde stikstof kan bezinken (organische deeltjes), meteen oplossen als nitraat of ammonium, of na mineralisatie alsnog in de vorm van NH_4^+ in het water komen. Nitraat kan door algen als nutriënt gebruikt worden of, onder zuurstofarme omstandigheden, gedenitrificeerd worden door bacteriën en als stikstofgas (N_2) uit het water verdwijnen. Ammonium kan ingebouwd worden door algen of onder zuurstofrijke omstandigheden door nitrificerende bacteriën omgezet worden in nitraat. Zowel het nitraat- als het ammoniumgehalte van het water vertonen, met name in het Klein IJsselmeer, een seizoenperiodiciteit. De waarden in het tweede en derde kwartaal zijn als gevolg van de grote hoeveelheid in algen ingebouwde stikstof lager dan in het eerste en vierde kwartaal (Tabel 10). De algenbiomassa kan na afsterven direct gemineraliseerd worden tot NH_4^+ of bezinken. Bezonken stikstofhoudende deeltjes kunnen in het sediment afgebroken worden tot NH_4^+ of opgewerveld worden, zodat mineralisatie in de waterkolom weer mogelijk wordt.

De aanvoer van stikstof naar het Klein IJsselmeer vindt grotendeels



Figuur 11. Schematisch verloop van de stikstofkringloop (naar Brocades Zaalberg 1985).



Figuur 12. Nitraat- en ammoniumgehalten (mg/l) van het Klein IJsselmeer in 1982 en het nitraatgehalte van het Markermeer in 1982 (Brocades Zaalberg 1985). Yn = Klein IJsselmeer noord, Ym = Klein IJsselmeer midden, Yz = Klein IJsselmeer zuid, M = Markermeer.

plaats via de IJssel: 76 000 ton stikstof per jaar. Hiervan bleef gedurende de periode 1960-1975 40-50% als organische stof achter in het gebied (Postma 1981).

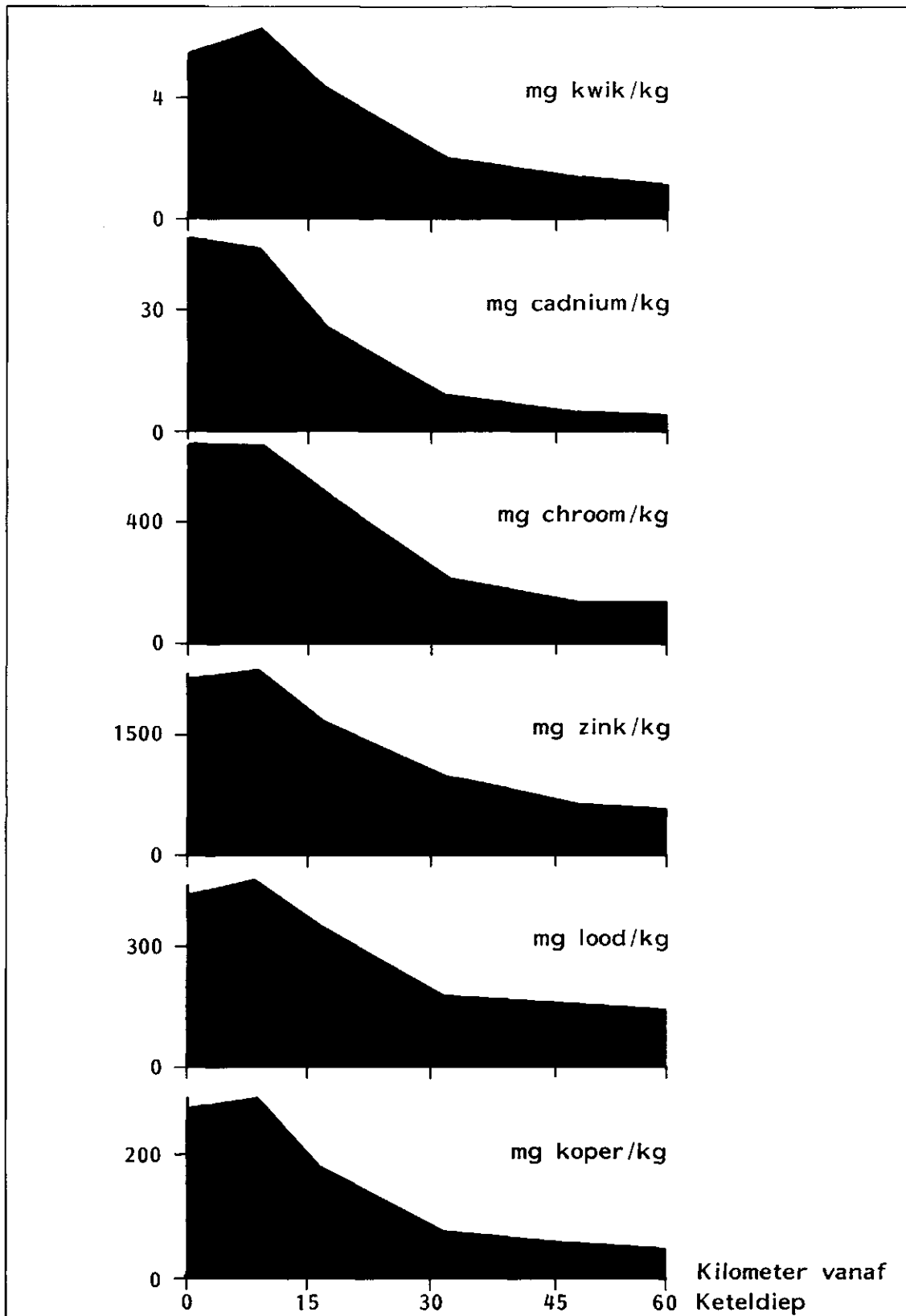
De stikstofconcentratie neemt van het Ketelmeer naar de Afsluitdijk af, als gevolg van de algengroei en door bezinking van nitraatrijke organische deeltjes. Door het seizoen heen is een verloop te zien van hoge nitraat- en ammoniumgehalten in winter en vroege voorjaar naar lage waarden in het algengroeiseizoen (Fig. 12). De ammoniumconcentratie neemt extra snel af in het voorjaar als gevolg van omzetting van NH_4^+ in nitraat door nitrificerende bacteriën. Het Markermeer heeft als belangrijkste stikstofbron het nitraat van het Klein-IJsselmeerwater. Bij een doorspoelregime van $1400 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per jaar bedraagt de belasting $9,2 \text{ g N/m}^2$ (zonder doorspoeling $6,4 \text{ g N/m}^2$). Door de Houtribdijk, afscheiding tussen de IJssel en het Markermeer, zijn de stikstofconcentraties in het Markermeer aanzienlijk lager dan in het Klein IJsselmeer. Dit geldt vooral voor het nitraatgehalte (Tabel 10).

3.5.3 Silicium

Silicium komt in het water voor in de vorm van silicaat en wordt hoofdzakelijk opgenomen door diatomeeën. Het vormt een belangrijk bestanddeel van de celwand van deze wieren. Het silicaatgehalte van het Klein IJsselmeerwater is tijdens het tweede en derde kwartaal verlaagd door de opname door diatomeeën. Na afsterving van deze wieren, komt het silicaat door mineralisatie weer vrij in de waterfase (Tabel 10).

3.6 Verontreiniging van het water

Het IJsselmeer wordt in aanzienlijke mate belast met microverontreinigingen door de aanvoer van vervuild IJsselwater (Dijkzeul 1987). De meeste microverontreinigingen hebben de eigenschap dat ze zich gemakkelijk aan slibdeeltjes hechten. Door afzetting van deze slibdeeltjes in het Ketelmeer en het Klein IJsselmeer vindt een ophoping plaats van deze stoffen in de IJsselmeerbodem. De belangrijkste verontreinigende stoffen zijn de gechloreerde koolwaterstoffen en de zware metalen (Tabel 12). In beide gevallen is er in het Klein IJsselmeer sprake van een vervuilingsgradiënt van het meest vervuilde Ketelmeer naar het minder verontreinigde noordelijke IJsselmeer (Fig. 13) Dit komt door het neerslaan van verontreinigde slibdeeltjes en door verdunning met minder verontreinigd IJsselmeerwater. Van de meeste aangevoerde zware



Figuur 13. Gemiddeld gehalte aan zware metalen (mg/kg) in zwevend slib van het IJsselmeer (1978) (PAC 1985).

metalen blijft 60-80% in het IJsselmeer achter. In Tabel 13 wordt een metaalbalans voor het Klein IJsselmeer gegeven. Het Markermeer, door de Houtribdijk gescheiden van de IJsselmonding, is minder verontreinigd. Met het doorspoelwater worden echter ook in dit meer microverontreinigingen geïntroduceerd.

Het oliegehalte van het IJsselmeer is incidenteel gemeten. In 1985 en 1986 was geen olie waarneembaar (0,00 mg/kg; RWS, RIV, RID. 1985-1986). Microverontreinigingen dragen bij tot een verhoging van het gehalte aan verontreinigde organismen. Door ophoping van zowel zware metalen als gechlloreerde koolwaterstoffen kan de gezondheid van deze organismen aangetast worden. Dit treedt vooral op bij (top)carnivoren zoals een aantal vogel- en vissoorten.

Tabel 12. Gehalte aan zware metalen in het oppervlaktewater (1981-1986) in microgram per liter (RWS, RIV, RID 1981-1986). Gegeven zijn de uiterste kwartaalwaarden en het gemiddelde over vijf jaar.

Metaal	Ketelmeer		Klein IJsselmeer		Markermeer	
	Uitersten	Gem.	Uitersten	Gem.	Uitersten	Gem.
koper	2- 8	(5)	2-10	(5)	1-10	(4)
lood	1- 9	(5)	1- 6	(3)	1- 9	(3)
zink	20-80	(40)	5-51	(25)	0.37	(19)
cadmium	0,1-0,9	(0,3)	0,0-0,4	(0,2)	0,0-0,3	(0,1)
kwik	0,04-0,12	(0,07)	0,00-0,10	(0,05)	0,00-0,07	(0,04)
chroom	5-8	(7)	3-7	(5)	4-7	(5)
gechlloreerde						
koolwaterst.	-	-	0-500	(90)	40-175	(100)*

*) over 1985/86

Tabel 13. Metaalbalans voor het kleine IJsselmeer (ton/jaar) (PAC 1985).

Metaal	In	Uit	Accumulatie
koper	142	41	101
lood	141	38	103
zink	1232	229	1003
chroom	237	47	190
cadmium	20	2,3	17,7
kwik	1,8	0,35	1,45
nikkel	98	73	29
arseen	22	18	4

3.7 Verontreiniging van de bodem

In het IJsselmeer wordt sinds 1957 de zogenaamde IJsselmeerafzetting onderscheiden. Dit is IJsselslib dat vermengd met opgewerveld ouder slib na 1932 is bezonken. De dikte van deze laag bedraagt in vlakke gebieden enkele centimeters tot decimeters. In voormalige geulen kan de afgezette laag dikker zijn (Ente 1981b).

Door de toevoer naar het IJsselmeer van Rijnwater, belast met zware metalen, is ook de IJsselmeerbodem verontreinigd (Salomons 1983). De Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders heeft het gebied van een eventuele Markermeerpolder bemonsterd met het oog op toekomstig landbouwkundig gebruik (Ente 1981a). Daarbij werden relatief hoge gehalten kwik en zink vastgesteld (Tabel 14).

Het Klein-IJsselmeerslib is sterker verontreinigd dan het Markermeer. Het Ketelmeer is zeer verontreinigd. In Tabel 14 worden gegevens van het Klein IJsselmeer (1977), het Ketelmeer (1977 en 1982) en het Markermeer (1981) vergeleken. De vervuilingsgradiënt Ketelmeer-Klein IJsselmeer-Markermeer komt hierin tot uitdrukking.

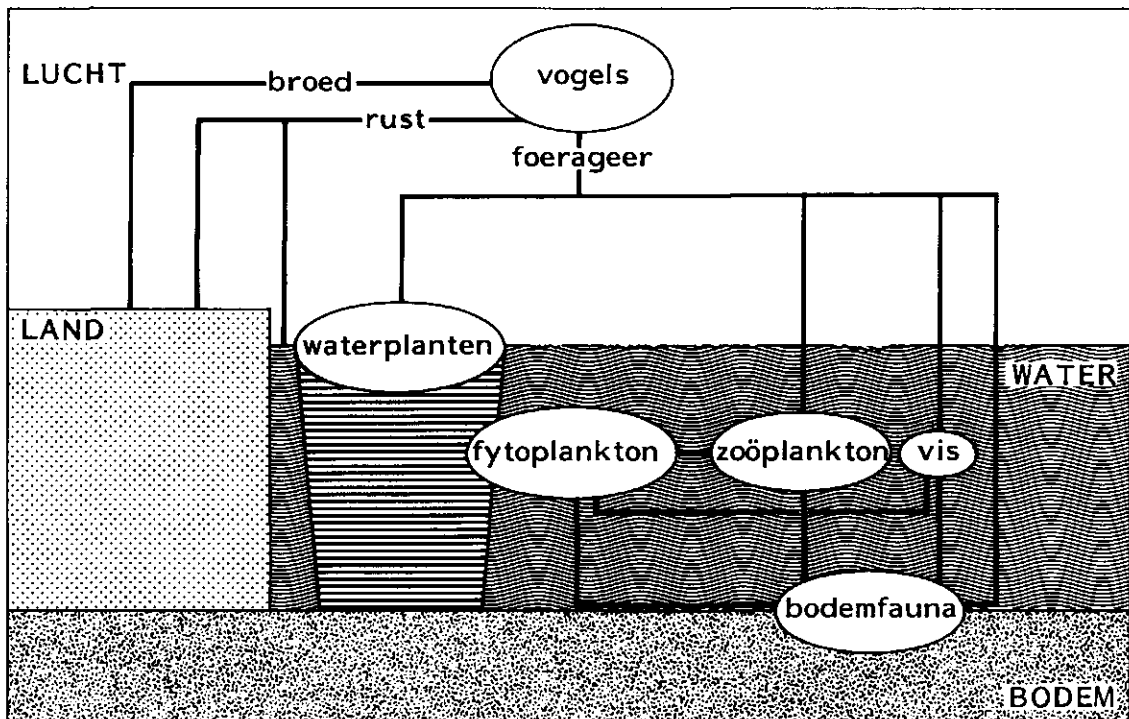
Door de accumulatie van verontreinigd slib in het IJsselmeergebied gedurende vele jaren heeft zich een reservoir gevormd van zware metalen en gechloreerde koolwaterstoffen. Deze stoffen kunnen door allerlei fysische, chemische en biologische processen vrijkomen in het water. Hierdoor kan een vervuilde meerbodem, na beëindiging van de toevoer van verontreinigende stoffen, nog lange tijd zware metalen en koolwaterstoffen naleveren. Beëindiging van de toevoer van verontreinigde stoffen wordt pas op lange termijn gevolgd door schoon water en een schone bodem

in het IJsselmeer.

Tabel 14. Gehalten van PCB's (PAC 1985) en zware metalen (RWS, dir. RWW 1983, Ente 1981a/b) in het sediment van het Ketelmeer, Markermeer en Klein IJsselmeer, uitgedrukt in microgram per gram droge stof.

Metaal	Ketelmeer		Klein IJsselmeer		Markermeer
	1977	1982	1977		1981
			Midden	Noord	
koper	250	167		40	11
lood	320	240		73	19
zink	1960	1692		430	85
chroom	570	*		94	60
cadmium	34	22		28	0,26
kwik	7	2,4		*	0,1
PCB-28	66,5		17,9	5,5	
PCB-52	73,2		17,5	7,3	
PCB-101	26,5		11,7	4,7	
PCB-138	27,1		13,8	3,0	
PCB-153	15,4		7,3	5,1	
PCB-180	13,1		7,5	4,7	

* = niet bekend



Figuur 14. Ecosysteemrelaties binnen het IJsselmeer (vereenvoudigd weergegeven).

4 LEVENSGEMEENSCHAP VAN DE BODEM

4.1 Algemeen

Bodemorganismen hebben een belangrijke functie bij de mineralisatie van bezonken organisch materiaal en als voedselbron voor vissen en vogels. Een onderverdeling kan gemaakt worden in bodembegroeiende planten en algen (fytobenthos) en bodemdieren (zoöbenthos). Het bodemsysteem maakt onderdeel uit van het IJsselmeerecosysteem en heeft tal van relaties met de waterkolom en met systemen buiten het IJsselmeer. Dit is zeer vereenvoudigd weergegeven in Figuur 14.

4.2 Fytobenthos

Het fytobenthos is in het IJsselmeergebied weinig ontwikkeld. Voorwaarden voor vestiging van wortelende planten zijn de aanwezigheid van ondiep, voldoende helder water en een gunstig vestigingssubstraat. Waterplanten kunnen voorkomen in wateren tot 5-8 m diepte. Grote delen van het IJsselmeer hebben een diepte van 1-2 m in combinatie met een zandig of slibbig sediment en zijn derhalve potentieel waterplantenrijke gebieden. De grote troebelheid van het water, als gevolg van de eutrofiëring (3.4) beperkt echter de aanwezigheid van waterplanten tot lokale, zeer ondiepe gebieden (Friese en Hollandse kust, IJmeer) en dijkvoeten. Het gaat dan in ondiepten vooral om fonteinkruiden (Potamogeton sp.) en op dijkvoeten om draadalgen (Bangia sp. en Cladophora sp.) (Drost et al. 1981). Deze soorten kwamen vroeger voor in uitgestrekte gebieden en dienden tot voedsel voor grotere groepen zwanen, zwemeenden en meerkoeten (De Beaufort 1954). Door de aanleg van de IJsselmeerpolders is een groot deel van het waterplantenareaal verdwenen. De afname van de waterplanten heeft deze vogels gedwongen deels andere voedselbronnen te zoeken of naar andere gebieden uit te wijken.

Van het huidige IJsselmeer zijn geen gegevens bekend over de produktie van het fytobenthos, maar er kan gesteld worden dat deze in vergelijking met de produktie van plantaardig plankton, van ondergeschikt belang is.

4.3 Zoöbenthos

De in en op de bodem levende dierlijke organismen kunnen onderverdeeld worden in een aantal groepen, waarvan de mollusken, muggelarven, vlokreeften en wormen qua biomassawaarden domineren (Heermans 1975, 1978).

Tabel 16. Dichtheids- en verspreidingsgegevens van vier zoëbenthosgroepen: mollusken, muggelarven, vlokreeften en wormen (Naar: Heermans 1975, 1978; Brocades Zaalberg 1985; De Jonge et al. 1982; Van Gool 1982; Drost et al. 1981; Van der Heul & Cazemier 1980; PAC 1985; Bij de Vaate 1982; Van der Wal 1979).

Diergroep	Aantallen/m ²	Biomassa	Productie x 10 ³ kg ADW	Milieu	Predatie	Voedsel
	M.meer/Kl. IJmeer	M.meer/KL.IJmeer	M.meer/Kl. IJmeer			
<hr/>						
mollusken						
driehoeksmossel	186-494/236-522 m ⁻²		747-1985/1236-2674	zandig	vogels,	uitgefilterd
zwanemossel	)	)			blankvoorn	organisch
schildersmossel	gering/gering	) ?				materiaal:
erwtmossel	)	)				algen
muggelarven	100-1000 m ⁻²	0,05-0,8 g WW/m ²		rijk organisch slib	vissen	organisch materiaal, bacteriën
vlokreeften	enkele honderden	) ?		organisch weinig ver- vuilde wateren	vissen	?
wormen		max. 35 g WW/m ²		rijk organ. slib, slappe klei	vissen	organisch materiaal, bacteriën

Bij de mollusken is de driehoeksmossel de belangrijkste vertegenwoordiger. Daarnaast komen in geringe mate zwanemossel, schildersmossel (beide van belang als aanhechtingssubstraat voor driehoeksmossels), erwtemossel en slakken voor (De Jong et al. 1982). De driehoeksmossel dankt zijn brede verspreiding aan het voor zoetwatermollusken unieke vermogen in het larvale stadium vrij te kunnen zwemmen (Van Benthem Jutting 1954). De volwassen exemplaren zijn gebonden aan de, min of meer, vaste vestigingsplaats (stenen, schelpen of soortgenoten) en kunnen dan voorkomen in pollen of banken, en dichtheden bereiken tot enige duizenden per m².

In Figuur 15 wordt de verspreiding van de driehoeksmossel (groter dan 9 mm) in het IJsselmeer gegeven. Hoge dichtheden worden gevonden:

- in het centrale noorden van het Klein IJsselmeer;
- het zuiden van het Klein IJsselmeer;
- in het Marker- en IJmeer ten westen van de lijn Volendam-Trintelhaven, met name langs de oever.

De grootste dichtheden worden gevonden op hellend terrein (b.v. aan de randen van voormalige geulen), omdat de mossels daar minder gauw ondergeslibd raken en verstikken (Van Soest 1970). Driehoeksmossels worden niet gevonden op slappe modderbodem. Bij driehoeksmossels (2700-19000 per m²) treedt onder invloed van predatie en verstikking door sedimentierend slib grote sterfte op (Van Gool 1982) zodat van de 2700-19000 larven per m² in het Klein IJsselmeer en Markermeer 236-522 en 186-494 driehoeksmossel per m² het volwassen stadium bereiken.

Driehoeksmossels filteren selectief deeltjes uit het water dat door de mantel gepompt wordt. Niet-eetbare deeltjes worden als pseudofaeces uitgescheiden. Hierdoor wordt het fysisch bezinkingsproces van zwevende deeltjes versneld en wordt een leefmilieu gecreëerd voor andere organismen als muggelarven en wormen. De deeltjes die door de driehoeksmossels als voedsel gebruikt worden, bestaan waarschijnlijk hoofdzakelijk uit algen, de consumptiehoeveelheid per dag is niet bekend. Wel mag aangenomen worden dat een hoog gehalte aan anorganisch slib in het water een effectieve voedselopname remt. Het is mogelijk dat hierdoor de groei van driehoeksmossels in het Markermeer achterblijft bij de groei in het Klein IJsselmeer (Tabel 15).

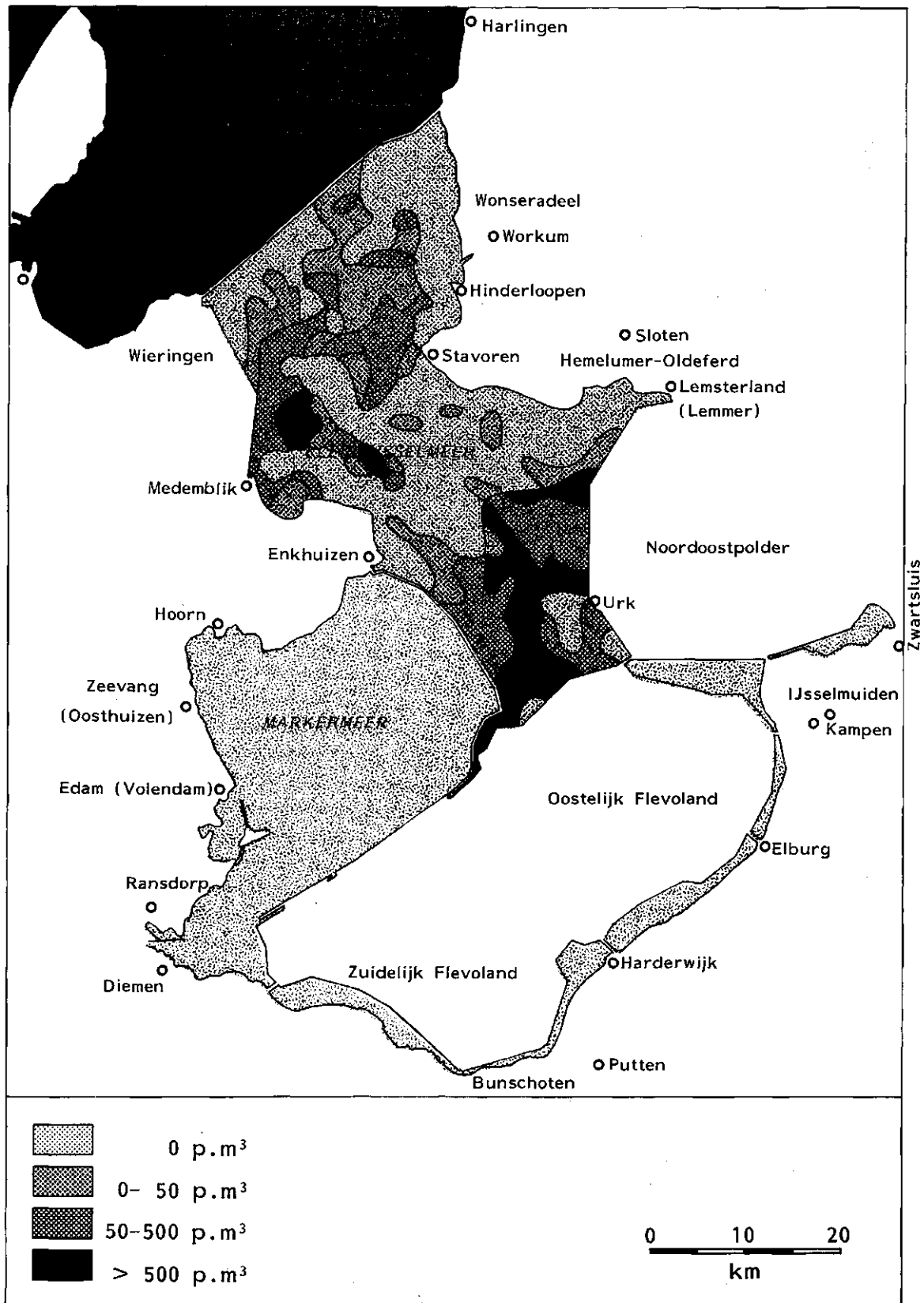
Tabel 15. Groei en lengteverdeling van driehoeksmossels in het Markermeer en Klein IJsselmeer (De Jong 1982) en het aandeel van de verschillende jaarklassen in de populatie > 10 mm.

Leeftijd in winters	Markermeer schelplengte in mm	% van de populatie	Kl. IJsselmeer schelplengte in mm	% van de populatie
1	15,4	)	16,4)
2	18,6	) 93	20,2	) 66
3	20,7	)	22,8)
4	22,4	) 5	25,0	) 32
5	23,8	)	26,9)
> 6	> 29,3	0	> 26,9	2

De jaarproduktie van driehoeksmossels wordt globaal geschat op 1236-2674 ton asvrij drooggewicht (AVD) in het Klein IJsselmeer en 747-1985 ton AVD in het Markermeer (De Jong et al. 1982). Hiervan wordt 16-67% geconsumeerd door vogels en blankvoorns afhankelijk van de aanwezige aantallen driehoeksmossel-etende vogels.

Van de groep van muggelarven zijn slechts weinig gegevens bekend. Het gaat in het IJsselmeer vooral om de familie der vedermuggen, o.a. de soorten Chironomus (Tendipes) plumosus, Cryptochironomus defectus, Pentapedilum uncicatum en Cladotanytarsus sp. (De Jong et al. 1982, Koenders & Mentinck 1982). Chironomus (Tendipes) plumosus is een karakteristieke soort voor eutrofe en hypertrofe wateren (Redeke 1948). Waarschijnlijk als gevolg van de groeiende hoeveelheid organische stof in de bodem (Postma 1981) komen muggelarven sinds 1975 in toenemende dichtheden voor: 100-1000 exemplaren per m² (maxima 5000-6000, Heermans 1978; De Jong et al. 1982). In het Klein IJsselmeer werden in 1979 biomassa's gevonden van 0,05 tot 0,8 g natgewicht per m². Muggelarven voeden zich met dood organisch materiaal, bezet met bacteriën en zijn op hun beurt weer voedsel voor een aantal vissoorten. Kwantitatieve gegevens hierover zijn niet gevonden.

Vlokreeften (m.n. Gammarus pulex en G. tigrinus) komen in onregelmatige dichtheden op de IJsselmeerbodem voor: van nul tot enkele



Figuur 15. Het voorkomen van driehoeksmossels in het Klein IJsselmeer.

tienduizenden per m^3 (gemiddeld enige honderden per m^3 , Heermans 1978). Zij komen bij voorkeur voor in organisch weinig vervuilde wateren. In het in midden van de jaren zeventig is een teruggang geconstateerd van de vlokreeftdichtheden (Heermans 1978). Het is niet bekend of deze afname zich in de jaren tachtig voortgezet heeft. Vlokreeften worden in onbekende hoeveelheden gegeten door bodemfauna-etende vissen.

Binnen de groep van de wormen zijn in het IJsselmeer de oligochaeten (borstelwormen) kwantitatief het belangrijkste, met als talrijkste soorten Tubifex tubifex (maximaal 35 g natgewicht m^{-2}) en Limnodrilus hoffmeisteri. De laatste is in ieder geval zeer algemeen in het zuidelijke Klein IJsselmeer (Heermans 1975, 1978; Van Urk 1974). Tubifex tubifex voedt zich met dood organisch materiaal en is kenmerkend voor organisch verontreinigde wateren (Redeke 1936). Voor het IJsselmeer is gevonden dat oligochaeten in de toplaag van zachte, kleiige bodems in de grootste dichtheden voorkomen. Mogelijk is het hoge gehalte aan organisch materiaal, het voornaamste voedsel voor deze diergroep, hier de oorzaak van. Ecologisch spelen de wormen een belangrijke rol bij de mineralisatie, door fragmentatie van bodemdeeltjes, zodat de afbraak door bacteriën bevorderd wordt. Kwantitatieve gegevens omtrent produktie en predatie zijn niet gevonden.

In Tabel 16 zijn voor de vier genoemde zoöbenthosgroepen de dichtheids- en verspreidingsgegevens bij elkaar gezet.

4.4. Benthische bacteriën

In een ecosysteem zijn de bacteriën die zich voeden met organische stof (heterotrofe bacteriën) verantwoordelijk voor het grootste deel van de mineralisatie. Bij deze mineralisatie komen er anorganische stoffen vrij die weer opgenomen kunnen worden door algen. Een deel van het afbraakproces speelt zich af op de bodem onder invloed van de benthische bacteriën.

Naar deze groep is in het IJsselmeergebied tot op heden geen onderzoek verricht.

5 LEVENSGEMEENSCHAP VAN HET VRIJE WATER

5.1 Algemeen

Met de levensgemeenschap van het vrije water wordt de groep organismen bedoeld die zich ophoudt in of op het open water en hun onderlinge betrekkingen. De oeverzones worden uitgesloten. De basis van de levensgemeenschap van het vrije water wordt gevormd door plantaardige, in het water zwevende organismen (fytoplankton). Fytoplankton is in staat, onder opname van een aantal anorganische stoffen, zonneënergie vast te leggen in organische verbindingen en behoort daarom tot de primaire producenten. Het fytoplankton is het begin van een voedselketen. Het wordt gegeten door herbivore, heterotrofe organismen. Deze zijn niet in staat zonlicht te benutten voor hun energievoorziening, maar zijn aangewezen op organische brandstof om de energiebehoefte te dekken. Het zijn secundaire producenten. De herbivore organismen worden geconsumeerd door carnivoren. Aan het einde van de keten staan de topcarnivoren, die zich voeden met vleesetende organismen en zelf niet of nauwelijks gegeten worden. Uitscheidingsprodukten en gestorven organismen van al deze groepen worden uiteindelijk in het water of op de bodem weer afgebroken. Bij onvolledige afbraak treedt accumulatie van organisch materiaal op. Indien de mineralisatie wel volledig is, worden de organische verbindingen afgebroken tot hun oorspronkelijke bouwstenen. De belangrijkste mineraliserende organismen (reducenten) zijn de bacteriën.

Achtereenvolgens worden in dit hoofdstuk het fytoplankton (primaire producenten), het zoöplankton (herbivore, secundaire producenten) en zeer kort de grotere predatoren (vissen en vogels, zie verder hoofdstuk 6 en 7) beschreven.

Hierbij dient opgemerkt te worden dat, hoewel de levensgemeenschap van het vrije water hier in een apart hoofdstuk ingedeeld is, zij niet los gezien kan worden van de ecologische processen in en op de bodem of van de invloeden van de omgeving boven water. In Figuur 15 zijn deze onderlinge relaties vereenvoudigd weergegeven.

5.2 Fytoplankton

5.2.1 Soortensamenstelling

Uit het fytoplanktononderzoek van Wibaut-Isebree Moens (1954) in de

periode 1932-1944 en de onderzoeken van de RIJP in de jaren zeventig (Drost et al. 1981) komt naar voren dat er in de loop van de tijd weinig veranderingen opgetreden zijn in de soortendiversiteit. In het Klein IJsselmeer en het Markermeer kunnen de meeste algesoorten uit het Rijnstroomgebied worden teruggevonden, zij het in andere verhoudingen en in eigen gemeenschappen. De planktonsamenstelling van beide meren vertoont overeenkomsten als gevolg van het doorspoelen van het Markermeer met Klein IJsselmeerwater.

De in het IJsselmeer voorkomende fytoplanktonsoorten (40-60 in getal, PAC 1985) zijn onder te verdelen in vier groepen:

- kiezelwieren (diatomeeën);
- groenwieren;
- blauwieren;
- overige (o.a. flagellaten).

De kiezelwieren vertonen doorgaans een grote bloei in het voorjaar, als de watertemperatuur nog laag is. In Tabel 10 is dit terug te vinden als een sterke daling van het siliciumgehalte van het water in het tweede kwartaal. Als het water warmer wordt, nemen de kiezelwieren in aantal af en komen de groenwieren tot bloei. Het siliciumgehalte van het water stijgt pas weer na afbraak van de celwanden van de afgestorven kiezelwieren. Het ingebouwde silicium komt dan vrij in de waterkolom. De groenwieren blijven de rest van het jaar aanwezig, eventueel in combinatie met of tijdelijk grotendeels verdrongen door blauwalgenbloei in zomer en herfst.

De meest voorkomende kiezelwieren zijn: Melosira granulata, Asterionella formosa en Diatoma elongatum. Ze zijn in het noordelijke deel van het IJsselmeer minder belangrijk dan in het zuiden, waarschijnlijk als gevolg van een afnemende invloed van de Rijn naar het noorden toe (minder nutriënten) (PAC 1985).

Binnen de groep van de groenwieren zijn vooral een aantal Scenedesmus-soorten van belang (S. quadricauda, S. spinonis, S. ecornis, S. costata granulatis), naast Pediastrum- en Chlamydomonas-soorten. Het groenwier Tribonema minus bloeide in de zomers van 1981-1983 uitbundig. De Scenedesmus-soorten worden gekenmerkt door een relatief hoge groeisnelheid, die echter bij minder gunstige lichtcondities snel afneemt (Los 1981 in CHO 1981).

Microcystis aeruginosa is de meest dominante blauwalg in het IJsselmeer. Maar ook de soorten Oscillatoria agardhii, O. redekei,

Aphanizomenon flos-aquae en Aphanocapsa delicatissima kunnen tot grote bloei komen en dan het talrijkst zijn. Blauwwieren kunnen zich bij lage lichtintensiteit beter ontwikkelen dan groenwieren. Vooral Microcystis is relatief bevoordeeld vanwege de eigenschap zijn drijfvermogen, en daarmee zijn afstand tot het wateroppervlak, te kunnen variëren. Door zich verticaal te verplaatsen kunnen deze algen zich concentreren in de bovenste waterlagen. Dit kan grote ecologische gevolgen hebben voor de bodemflora, de waterfauna en de vogels omdat:

- blauwwieren per gewichtseenheid een grotere troebeling veroorzaken dan een zelfde hoeveelheid groenwieren;
- Microcystis mogelijk toxiciteit veroorzaakt;
- Microcystis-bloei zeer snel kan instorten, hetgeen gepaard gaat met zuurstofafname in het water en op de bodem.

Microcystis aeruginosa heeft voor een goede ontwikkeling water nodig, dieper dan 2,5 m (Mur 1984) en rustig weer, opdat de gunstige positie in de oppervlaktelaag gehandhaafd kan worden. Bloei van Microcystis aeruginosa komt, sinds de afsluiting van de Zuiderzee, regelmatig voor in zowel het Markermeer als het Klein IJsselmeer. In het Markermeer is het nagenoeg de enige blauwalg die tot bloei komt. Het Markermeer en het Klein IJsselmeer kunnen onafhankelijk van elkaar bloei van een bepaald soort alg te zien geven. Zo kende het Klein IJsselmeer in augustus 1983 een grote Microcystis-bloei, terwijl dit in het Markermeer niet het geval was.

De blauwalg Oscillatoria agardhii kan zeer dominant aanwezig zijn in grote delen van het Klein IJsselmeer tot 3 m diep (Mur 1984). Dit was het geval in 1974 en 1976. De Oscillatoria-bloei wordt soms voorafgegaan door een bloei van Oscillatoria redekei of Aphanizomenon flos-aquae (Brocades Zaalberg 1985).

Hoewel in het IJsselmeer sterke blauwalgengroei kan voorkomen, is het geen permanent verschijnsel, zoals het geval is in de randmeren van de Flevopolder sinds 1970.

De ecologische consequenties van een blauwalgenbloei als gevolg van hypertrofiëring zijn zeer duidelijk (Drost et al. 1981, Bij de Vaate 1978, Los 1981, Postma 1981, Leentvaar 1981):

- de groenwieren worden door de blauwwieren weggeconcentreerd door de afname van de lichtintensiteit in het water (self-shadowing effect); met deze groenwieren verdwijnt de belangrijkste voedselbron voor het zoöplankton.

- door de afname in helderheid van het water verslechteren de levensvoorwaarden voor ondergedoken waterplanten aanzienlijk; terugloop van de waterplantenvegetatie betekent vermindering van het voedselaanbod voor bijvoorbeeld de kleine zwaan en afname van geschikte, waterplantenrijke, biotopen voor bijvoorbeeld de snoek.
- de enorme sedimentatie van dood organisch materiaal als gevolg van het instorten van een blauwwierbloei heeft waarschijnlijk geleid tot de verdwijning van de driehoeksmossel uit de randmeren, en daarmee van een belangrijke voedselbron voor vissen en duikeenden.

5.2.2 Biomassa en produktie

De biomassa en de produktie van het fytoplankton zijn van groot ecologisch belang als basis voor het gehele biologische systeem in het IJsselmeer. Bepalende factoren voor de produktieomvang zijn: watertemperatuur, lichtintensiteit, diepte, slibgehalte, verblijftijd van aangevoerd water, turbulentie en nutriëntengehalte. Zowel in het Klein IJsselmeer als in het Markermeer zijn de gehalten aan voedingsstoffen dermate hoog (hoofdstuk 3) dat er zelden sprake is van voedselbeperking. Door troebelheid van het water is de lichtintensiteit meestal de beperkende groeifactor voor de produktie. Deze troebelheid wordt bepaald door de hoeveelheid zwevende deeltjes in het water: slib en de algen zelf. Tabel 17 geeft een indicatie van de relatie tussen het slibgehalte en de hoeveelheid algen.

Tabel 17. Gemiddeld slibgehalte (mg drooggewicht/liter) en fytoplankton-biomassa (uitgedrukt als mg chlorofyl-a per m³) in het IJsselmeer in de jaren zeventig (Berger 1982).

	Slib in mg/l	Chlorofyl a in mg/l
Klein IJsselmeer noord	9.5	162
Klein IJsselmeer zuid	16.5	104
Markermeer	35.8	65

5.3 Zoöplankton

Zoöplankton is de verzamelnaam voor de in het water zwevende dierlijke organismen. Sommige van deze organismen kunnen zich actief voortbewegen,

maar de eigen beweging is ondergeschikt aan de waterbeweging. Het zoöplankton omvat zowel organismen die zich hun leven lang zwevend in het water ophouden (holoplankton) als organismen waarbij dit slechts gedurende een of enkele levensstadia het geval is (mesoplankton). De laatste groep wordt in het IJsselmeer vooral gevormd door de larven van vissen en zoöbenthos.

Het dierlijke plankton in het IJsselmeer bestaat uit watervlooien (Cladocera), roeipootkreeftjes (Copepoda), raderdiertjes (Rotatoria) en eencelligen (Protozoa). Het merendeel van de kreeftachtigen (watervlooien en roeipootkreeftjes, met name Chydorus sphaericus) houdt zich bij voorkeur op in oevervegetaties of op de bodem van ondiepe meren. Er zijn echter ook soorten die het open water prefereren (Bosmina sp.). Sommige soorten komen groepsgewijs (in "wolken") voor, terwijl andere soorten zich juist homogeen verdelen.

Er is weinig onderzoek naar het zoöplankton van het IJsselmeer gedaan. De gevonden gegevens komen uit het beperkt onderzoek van de RIJP in 1976 (Bij de Vaate & Van der Vet-Kappetein 1978). Dit onderzoek was gericht op watervlooien en roeipootkreeftjes, relatief grote organismen binnen het zoöplankton. De volgende gegevens kwamen hierbij naar voren:

- In het Klein IJsselmeer en Markermeer komen vier soorten watervlooien van maart tot oktober zeer algemeen voor: Bosmina coregoni, B. longirostris, Chydorus sphaericus en Daphnia hyalina.
- Van de copepoden is in het Klein IJsselmeer alleen Acanthocyclops vernalis gedurende het gehele seizoen in grote aantallen aanwezig, in het Markermeer alleen de soort Eurytemora affinis.
- De aangetroffen copepoden bevinden zich voornamelijk in onvolwassen levensstadia.
- De dichtheid van het zoöplankton (aantal individuen per m³) is langs de oevers hoger dan in het midden van het IJsselmeer.
- De dichtheid van watervlooien en roeipootkreeften samen varieert van enkele tientallen tot enkele duizenden exemplaren per liter, afhankelijk van locatie, diepte en seizoen. Deze gegevens zijn onvoldoende om gemiddelde dichtheids- of biomassawaarden te berekenen.

De planktonische kreeftachtigen van het IJsselmeer zijn grotendeels herbivoor. Zij voeden zich met uit het water gezeefde deeltjes: detritus, algen, bacteriën en eencelligen. Sommige soorten zijn overwegend carnivoor en eten hoofdzakelijk andere kreeftachtigen of raderdiertjes.

Blauwwieren zijn slecht verteerbaar voor het zoöplankton en worden nauwelijks gegeten. De aanwezigheid hiervan bemoeilijkt zelfs het uitfilteren van eetbare deeltjes, waardoor hoge dichtheden blauwwieren de copepoden- en watervlooienpopulatie sterk beperken. Bovendien hebben groenwieren, een belangrijke voedselbron voor het zoöplankton, ten opzichte van blauwwieren een minder sterke concurrentiepositie en bij een blauwwierbloei nemen de aantallen groenwieren sterk af.

Het zoöplankton van het IJsselmeer wordt gepredeerd door vislarven en juveniele vissen. Gedurende de groei van de vissen worden steeds grotere zoöplanktonsoorten gegeten, van raderdieren en copepodelarven tot copepoden en watervlooien. Cijfers over de predatie op het zoöplankton in het Klein IJsselmeer en het Markermeer zijn niet bekend. Ook de consumptie en produktie van het zoöplankton zijn niet kwantitatief onderzocht.

5.4 Vissen en vogels

De vissen van het IJsselmeer voeden zich in hoofdzaak met dierlijk materiaal. Ook de vogels, die tijdelijk gebruik maken van het vrije water, zijn overwegend carnivoor. Het betreft vooral visetende vogels die jagend op het open water worden aangetroffen. De omvang van de fyto- en zoöplanktonpopulaties bepaalt voor een groot deel de draagkracht van het systeem voor vissen en vogels (Fig. 14). Hierop wordt in de hoofdstukken 6 en 7 verder ingegaan.

5.5 Pelagische bacteriën

Mineralisatie vindt niet alleen plaats in de bodem (4.4) maar ook in de waterfase. Hierbij is de groep van pelagische (planktonische) bacteriën het belangrijkste. De scheiding tussen benthische en pelagische bacteriën is geen absolute grens. Veel bacteriën in het water zijn gevestigd op zwevende slibdeeltjes. Zoöplankton- en zoëbenthossoorten voeden zich met deze bacteriën. Het hoge slibgehalte in het IJsselmeer doet vermoeden dat de pelagische bacteriën zeer talrijk zijn. Over deze groepen zijn echter geen gegevens gevonden.

6 VISSSEN EN VISSERIJ

6.1 Algemeen

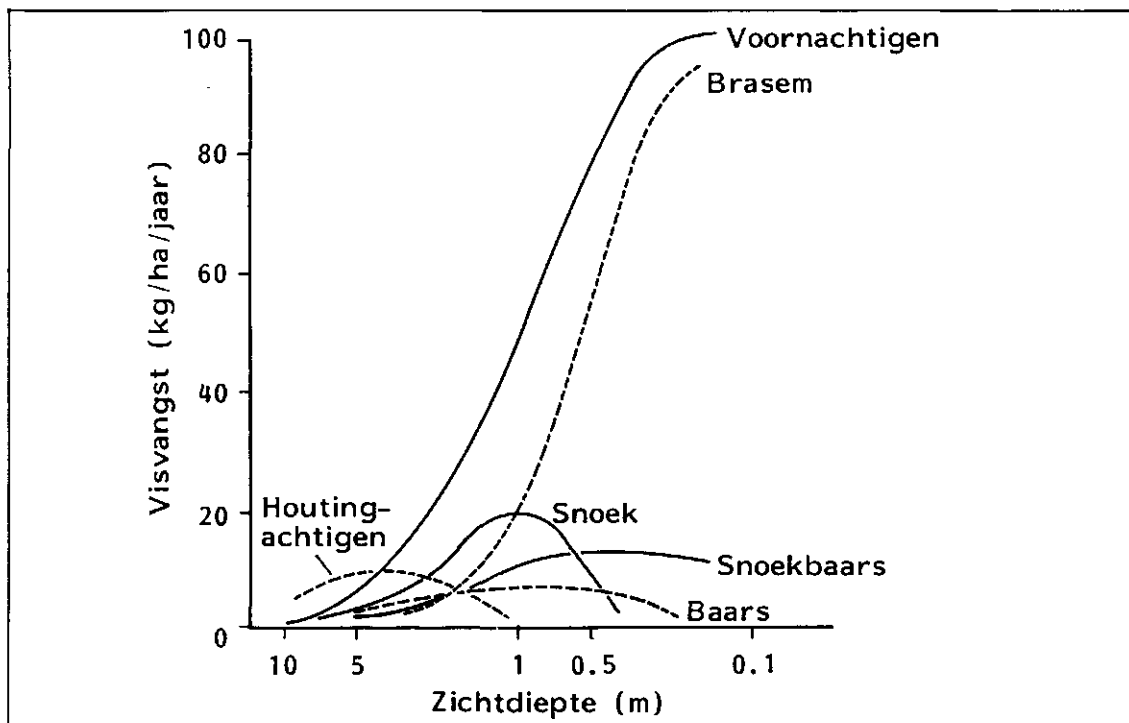
In het IJsselmeergebied komt een groot aantal vissoorten voor. Hiervan worden blankvoorn, brasem en baars door sportvisserij en aal, snoekbaars en baars door de beroepsvisserij als hoofdsoorten bevist. Ze zijn samen met de ecologisch belangrijke spiering en pos (voedsel voor vissen en vogels) de talrijkste soorten. Verder komen voor: karper, winde, snoek, kolblei, bot, zeeforel, regenboogforel, driedoornige stekelbaars, riviergrondel, rivierdonderpad, rivierprik, grote modderkruiper, kwabaal en meerval. Deze soorten zijn van minder belang wat biomassa betreft (Cazemier 1979).

Van de totale hoeveelheid vis in het gebied zijn slechts globale schattingen te geven. Voor het Klein IJsselmeer wordt deze geschat op 500 kg/ha, voor het Markermeer op 300 kg/ha (PAC 1985). Qua soortensamenstelling zijn beide meren, mogelijk mede als gevolg van de aanleg van de Houtribdijk, eveneens verschillend. Tabel 18 geeft hiervan een overzicht. Het betreft in deze tabel geen absolute dichtheden, maar dichtheidsindicaties, als gevolg van een verschillende en onzekere vangst-efficiëntie voor de diverse vissoorten. Met name de spiering is met kuilnetvangsten moeilijk te kwantificeren omdat deze vis een verticale migratie vertoont.

Tabel 18. Proefvisserijvangsten in Klein IJsselmeer en Markermeer in de periode 1976-1982 in kg versgewicht per ha (PAC 1985).

	Klein IJsselmeer	Markermeer
blankvoorn	41-51	12-15
brasem	32-40	2.5-3
baars	21-26	24-30
spiering	19-23	8-10
pos	9-11	29-37
snoekbaars	2.5-3	2-3
aal	2.5-3	3-3.5

De vissoortensamenstelling in ondiepe wateren wordt (mede) bepaald



Figuur 16. Schematisch verband tussen eutrofiëring (zichtdiepte in dm) en visvangst ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$) (Willemsen 1980).

door de eutrofiëringsgraad. In Figuur 16 is het verband tussen helderheid van het water (als maat voor graad van eutrofiëring) en visvangst (als maat voor visdichtheid) gegeven. Hieruit valt te concluderen dat in het IJsselmeer (doorzicht ongeveer 0,5 m) de snoek relatief ondervertegenwoordigd is. Dit komt door de schaarsheid van waterplantenrijke plekken in het gebied, die onmisbaar zijn als paaiplaats en kinderkamer voor jonge snoek (Willemsen 1980). Bij Figuur 16 dient echter opgemerkt te worden dat de troebelheid in het Klein IJsselmeer en, veel meer nog, in het Markermeer in belangrijke mate bepaald wordt door de opwerveling van slib en niet alleen door de algenbiomassa. Doorzicht is in deze meren derhalve geen eenduidige maat voor eutrofiëring.

Alle in het IJsselmeer voorkomende vissoorten voeden zich in het larvale stadium geheel en in het juveniele stadium gedeeltelijk met zoöplanktonlarven of volwassen zoöplankton. Daarna schakelen de verschillende vissoorten op andere voedselbronnen over (6.2).

In de volgende paragraaf wordt van de belangrijkste soorten een korte beschrijving gegeven.

6.2 Soortenbeschrijving

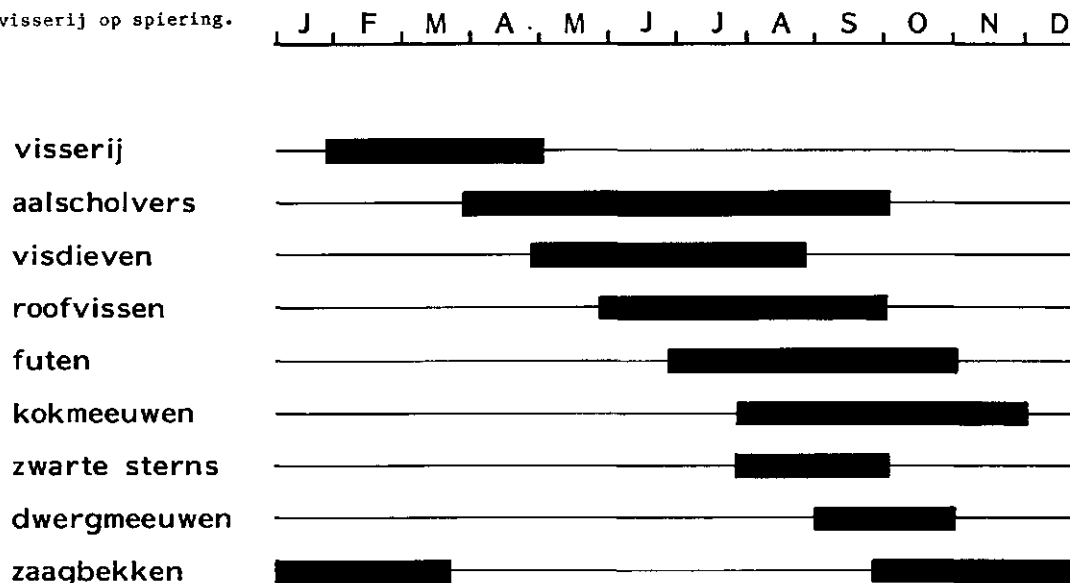
In Tabel 19 wordt voor de kwantitatief belangrijke vissoorten een overzicht gegeven van paaiplaatsen, voedselbronnen en predatie- en visserijdruk. Als aanvulling hierop geldt het volgende:

- Geen van de benthos-etende soorten (blankvoorn, brasem, pos en aal) is voor het paaien afhankelijk van waterplantenrijke gebieden. Wel zijn de paaiplaatsen geconcentreerd langs de oevers.
- De blankvoorn voedt zich in het IJsselmeer voor een belangrijk deel met driehoeksmossels. Hun aanwezigheid van deze mosselen is echter geen voorwaarde voor het voorkomen van de blankvoorn. Ook hoeft de aanwezigheid van driehoeksmossels niet te betekenen dat deze werkelijk geconsumeerd worden door de blankvoorn, noch is het een garantie voor een goede groei van deze vis.
- De baars behoort met de snoekbaars tot de roofvissen. De overschakeling van copepoden, via aasgarnalen en vlokreeften naar vis als hoofdbestanddeel van het menu voltrekt zich bij de baars in twee jaar, bij de snoekbaars in één. Naarmate de vis verder groeit, wordt de keuze van de prooigrootte en -soort aangepast. Bij grotere baars (weinig algemeen voorkomend) wordt minder spiering en meer pos in de magen aangetroffen. Grote snoekbaars (groter dan 60 cm) heeft voorkeur voor blankvoorn, terwijl kleinere snoekbaars voornamelijk spiering eet.
- De pos heeft, na de aanleg van de Afsluitdijk, zijn menu drastisch gewijzigd. Voor 1932 bestond zijn voedselpakket uit oligochaeten, muggelarven, aasgarnalen, watervlooiën, copepoden en mosselkreeftjes. Momenteel eet de pos hoofdzakelijk muggelarven, met vlokreeften als aanvulling (Havinga 1941, Bouwmans 1975). Dit was nodig als aanpassing aan de veranderde ecologische situatie, resulterend in een ander voedselaanbod.
- De watertemperatuur heeft bij vissen in de gematigde streken naast voedselaanbod, een grote invloed op de groei en bepaalt het tijdstip

Tabel 19. Overzicht van een aantal ecologische gegevens van de belangrijkste vissen in het IJsselmeer (naar Cazemier 1975 en 1979, Bij de Vaate 1982, Lammens 1982, Koenders & Mentink 1982, Willemsen 1977 en 1983a, Brocades Zaalberg 1985, Directie der Visserijen 1977-1983, Van Densen & Vijverberg 1983, PAC 1985, De Jong et al. 1982).

Soort	Voedsel vanaf eerste groeijjaar	Predatie	Visserij kg WW/ha	Paaiplaats	Optimum temperatuur	Paaitemperatuur
blankvoorn	zoöplankton driehoeksm. (30%) slakjes, muggelarven, muggepoppen	grote snoek- baars aalscholvers	> 0,9 kg/ha	stevige bodem, dijkvoet		
brasem	zoöplankton muggelarven, wormen groot zoöplankton	aalscholvers	> 0,9 kg/ha	ondiepe oeverzone stevige bodem, dijkvoet		
baars	copepoden, water- vlooien, muggelarven, pos, spiering	gering	> 2-4 kg/ha	Friese oever bij Lemmer	26°C	8-12°C
spiering	zoöplankton spiering	baars, snoek- baars, aal- scholvers, meeuwen, sterns, futen, zaagbekken	3 kg/ha	oevers IJsselmeer m.n. dijk Noordoost- polder		4-5°C
pos	muggelarven vlokreeften	baars, snoekbaars, aal, aalscholvers	alleen als bijvangst	gehele bodem, stevige bodem, dijkvoet		
snoekbaars	copepoden, watervlooien, spiering, blankvoorn, pos	gering	4-5 kg/ha	oevers Gouwee, Friese oever, zandig substraat	28-30°C	12°C
aal	oligochaeten, vissen muggelarven	aalscholvers middelste zaagbek	> 4 kg/ha	Sargassozee		

Eveneens is de predatie weergegeven door verschillende vogelsoorten en de visserij op spiering.



van paai en voortplanting. In de winter ligt de groei als gevolg van de lage temperaturen nagenoeg stil. Voor de snoekbaars is de watertemperatuur in het IJsselmeer niet optimaal. Voor de baars is deze gunstiger, waardoor deze soort hoge groeisnelheden bereikt (Willemsen 1977). De paai wordt ingezet bij een bepaalde minimum watertemperatuur die per vissoort verschilt (Tabel 19).

- De spiering neemt in het IJsselmeer ecologisch een zeer belangrijke positie in. De populatie bestaat voor het overgrote deel uit eenjarigen die zich voeden met zoöplankton. De in dit gebied zeldzame, oudere spiering (> 10 cm) eet voornamelijk kleine spiering. Omdat bijna het gehele spieringbestand uit één jaar oude vis bestaat, zijn grote schommelingen van jaar tot jaar mogelijk. 37-47 kg spiering per ha wordt geconsumeerd door baars, snoekbaars en een aantal vogelsoorten, en heeft zodanig een ecologische doorgeef-functie tussen het zoöplankton en een grote groep topcarnivoren. Daarnaast wordt de spiering bevestigd door de mens. In Tabel 19 is predatie op spiering door het jaar heen gegeven.
- De aal paait in de Sargassozee, ten oosten van Midden-Amerika. In Nederland zijn nooit paaiende exemplaren waargenomen. De jonge aal, glasaal genaamd, zwemt in ongeveer drie jaar de Atlantische Oceaan over naar Europa. Hier aangekomen trekt de inmiddels 70-85 mm lange glasaal de zoete en brakke wateren binnen waar de groeiperiode doorgebracht wordt. De aal heet in het groeistadium rode aal. Als deze ca. 35 cm lang is, wordt ze paairijp en heet dan schieraal. Deze aal is erg vet, stopt met eten en begint aan de trek terug naar de Sargassozee om te paaien. De schieralen worden tijdens de paaitrek nagenoeg allemaal gevangen bij het verlaten van het IJsselmeer. De intrek van glasaal in het IJsselmeer wordt zoveel mogelijk bevorderd, door de sluisregimes aan te passen. Uit bemonsteringen bij Den Oever blijkt dat de aantallen binnentrekkende glasaal per jaar sterk kunnen wisselen (Tabel 20).

Tabel 20. Bemonsteringen te Den Oever van de vistrek van glasaal in de periode 1975-1984 (Nagtegaal & Snel 1985).

Jaar	Aantal glasalen/monster	Jaar	Aantal glasalen/monster
1975	18 853	1980	33 736
1976	15 573	1981	13 772
1977	32 026	1982	8 999
1978	17 866	1983	4 333
1979	26 039	1984	9 083

De laatste jaren nemen de intrek van glasaal en de aanwezigheid van schieraal af (Dekker 1987). Dit laatste wordt mogelijk veroorzaakt door het toenemende besmettingspercentage van aal met Anguillicola crassa, een parasitaire worm in de zwemblaas (Tabel 21).

Tabel 21. Besmettingspercentage van rode aal en schieraal in het Klein IJsselmeer met Anguillicola crassa (Van Banning et al. 1985, Van Willigen et al. 1986, Liewes et al. 1987).

	Rode aal	Schieraal
besmettingspercentage in 1985	45	28
1986	60	35
1987	90	--

Deze parasiet remt de groei, vooral bij jonge aal, en verhindert de volwassenwording. Verwacht wordt dat de hoeveelheid bovenmaatse aal (groter dan 28 cm) hierdoor in de toekomst zal afnemen (6.3).

6.3 Visserij

Op het IJsselmeer wordt gevist door zowel de beroepvisserij als door de sportvisserij. 95% van de beroepvisserij-omzet wordt gehaald door de vangst van aal, snoekbaars en baars. Sinds 1946 is het aantal visserijbedrijven drastisch afgenomen van 913 uitgegeven beroepvisserijvergunningen in 1946 naar 110 vergunningen in 1984. In 1986 werd er op het IJsselmeer gevist met 91 kotters en 24 motorvaartuigen. Het zwaartepunt van de IJsselmeervisserij bevindt zich in Volendam (29 bedrijven), Urk

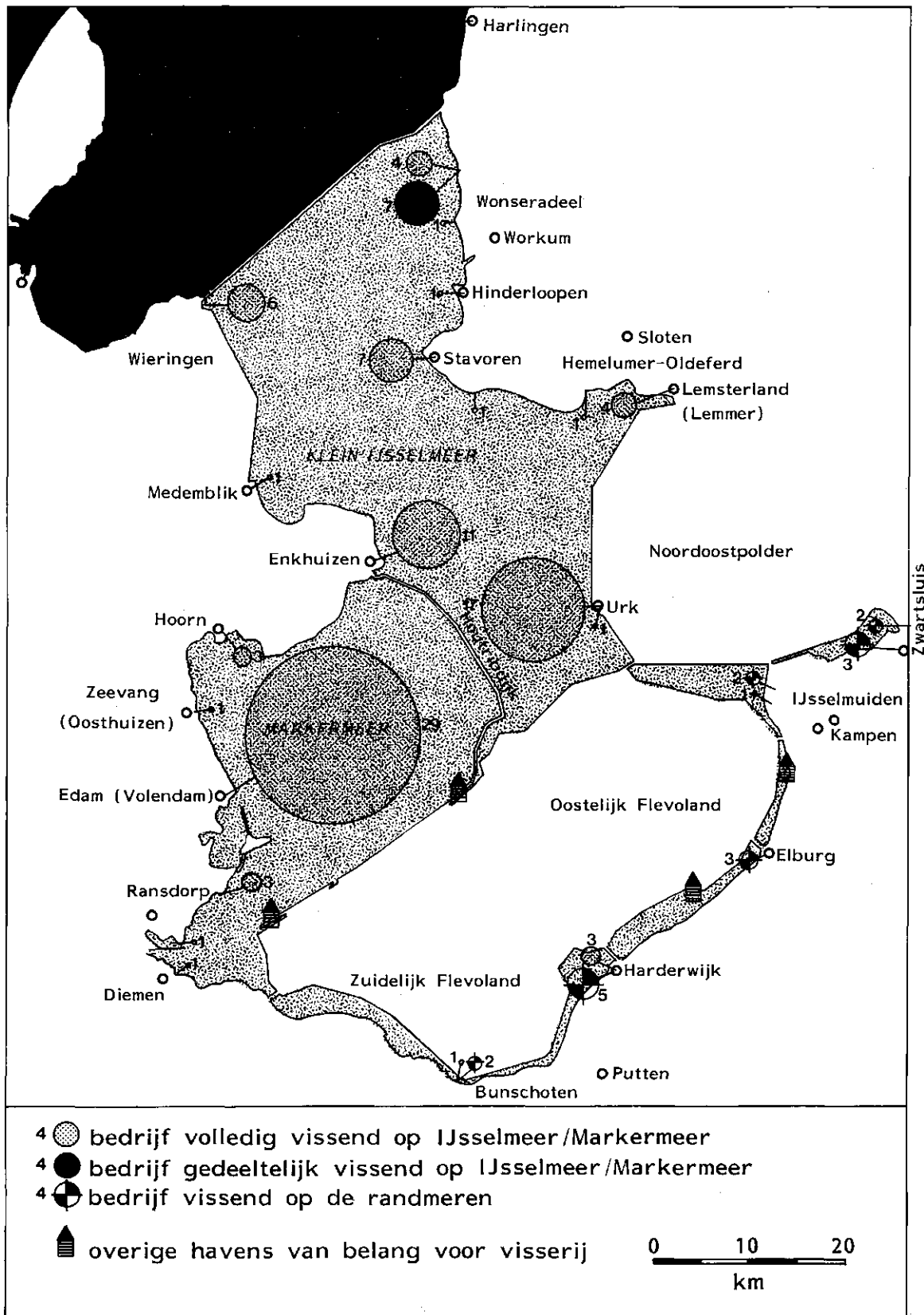
(18 bedrijven) en Enkhuizen (11 bedrijven) (Fig. 17). In Tabel 22 worden een aantal gegevens over de IJsselmeervisserij gegeven.

Tabel 22. De IJsselmeervisserij in cijfers (naar Oudelaar 1983, Nagtegaal & Snel 1985).

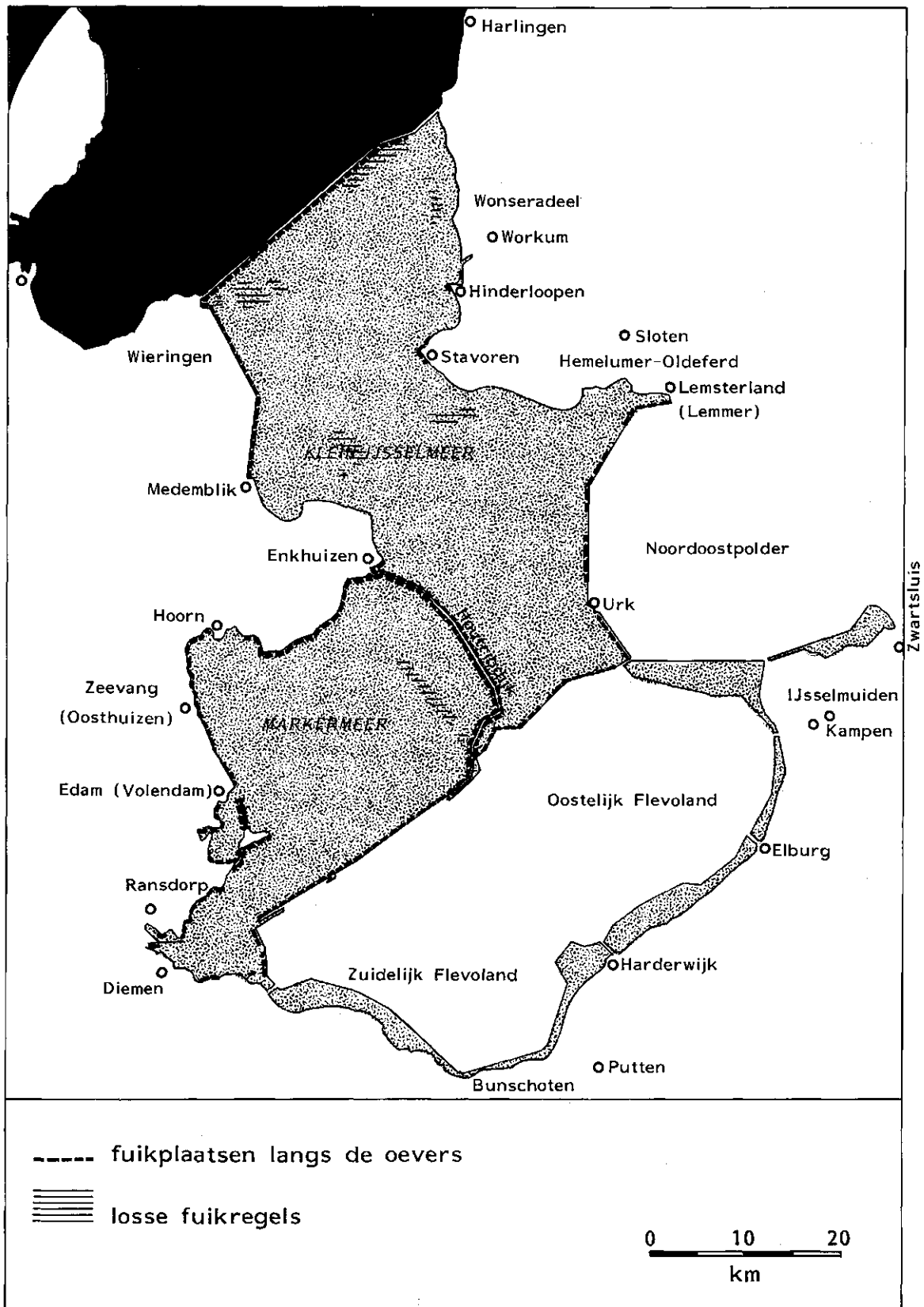
Volledige arbeidsplaatsen 1984	
visser	280
toeleverende bedrijven	180-200
visverwerkende bedrijven	250-410
handel + toelevering)	
aan visverwerkende bedrijven)	170-270
indirecte werkgelegenheid in 1980-1984:	
totaal	560
IJsselmeer afhankelijk	30-35%

Er wordt gevisst met verschillende methoden. Tot 1970 werd voornamelijk met kuilnetten aal gevangen. Dit leverde tevens een grote bijvangst van (te) jonge baars en snoekbaars. Om de stand van deze soorten te verbeteren en het stukgewicht van de paling te verhogen, werd in 1970 een kuilverbod ingesteld. Dit initieerde grote veranderingen in de IJsselmeervisserij (Fig. 18). Aanvankelijk werd gekozen voor het gebruik van aalkistjes (Fig. 19 A) als methode om aal te vangen, maar deze methode werd vanaf 1973 verdrongen door de schietfui (Fig. 19 B). Deze manier van vissen wordt ook heden nog gebruikt. Daarnaast wordt op aal gevisst met behulp van regelfuiken langs dijken en ondiepten en hoekwant (Fig. 19 C, 19 D). Van de fuikenvissers vist 50% alleen op het Klein IJsselmeer, 25% alleen op het Markermeer, en 25% op beide meren (Fig. 17). In Figuur 20 zijn de plaatsen waar met fuiken gevisst wordt aangegeven. Snoekbaars en baars worden gevangen met staande netten (maaswijdte 101 mm).

De aalvangst is na het kuilverbod sterk teruggelopen. Een verband met de gewijzigde vangstmethoden ligt voor de hand, maar het kan ook het gevolg zijn van een teruggelopen aalstand als gevolg van de verhevigde voedselconcurrentie van de aal met brasem en baars. Deze soorten zijn in aantallen juist toegenomen na 1970.



Figuur 17. Vestigingsplaats van de bedrijven in de IJsselmeer- en randmeervisserij (Nagtegaal & Snel 1985).



Figuur 20. Uitgegeven vaste fuikenplaatsen in het IJsselmeer in 1984 (Dir. Zuiderzeewerken 1984).

In Tabel 23 zijn de resultaten van de IJsselmeervisserij, in tonnen vis en in guldens in de jaren 1984, 1985 en 1986 gegeven.

Tabel 23. Resultaten van de IJsselmeervisserij in 1984, 1985 en 1986 (Visserij Jaarverslagen 1984-1986).

Vissoort	1984		1985		1986	
	ton	1000 gld.	ton	1000 gld.	ton	1000 gld.
aal-totaal	695	8136	681	7918	755	8576
lijnaal	68	921	74	984	62	835
fuikaal	531	6328	527	6178	610	6963
kistaal	96	886	80	756	83	779
snoekbaars	320	2885	153	1904	58	907
baars	425	2641	598	2621	538	3363
brasem	514	124	602	141	711	177
spiering	1305	368	1357	466	1881	1214
voorn	264	74	156	57	86	40
overige	255	255	194	192	84	47
totaal	3778	14483	3741	13300	4113	14324

De in deze tabel vermelde cijfers betreffen minimumwaarden, aangezien er geen verplichting bestaat voor de IJsselmeervisserij. Naar schatting 35% van de visvangst gaat buiten de veiling om (Nagtegaal & Snel 1985). Met deze opbrengsten bedraagt het aandeel van de IJsselmeervisserij aan de totale visserij in Nederland 1,4% in hoeveelheid en 2,7% in waarde. De gevangen baars en snoekbaars wordt geëxporteerd. De aal wordt in eigen land afgezet en maakt ca. 20% uit van de totaal in Nederland aan- en ingevoerde hoeveelheid aal.

De sportvisserij vindt plaats vanaf de oever (blankvoorn, baars en brasem) en vanaf bootjes (baars). In de jaren 1975-1977 werd het totale aantal visbezoeken geschat op 65.000 per jaar (Ginkel 1979).

Concurrentie tussen beroeps- en sportvisserij treedt alleen op bij de baarsvangst. Waarschijnlijk meer dan 9% van alle baars wordt door sportvisserij gevangen.

7 VOGELS

7.1 Algemeen

Grote aantallen vogels maken jaarlijks gebruik van het IJsselmeer: futen, aalscholvers, zwanen, ganzen, eenden, steltlopers, meeuwen en sterns. Als verblijfplaats van deze soorten is het gebied van nationaal en ook international belang. Het meest gebruikte criterium voor het waarderen van gebieden als pleisterplaats voor vogels is de 1%-norm (Sziij 1972, Scott 1980, Osieck 1982, Saeijs & Baptist 1978, Atkinson-Willes 1972, 1976). Deze norm wordt berekend op grond van de totale aantallen van een bepaalde soort in Noordwest-Europa.

Indien van een of meer soorten 1% of meer van dit totaal in een bepaald gebied aanwezig is, is er sprake van een vogelgebied van international belang. Voor het IJsselmeergebied zijn de normoverschrijdingen weergegeven in Tabel 24.

Ornithologisch gezien is het vrije water van het IJsselmeer geen aparte eenheid. Het is niet los te zien van de oeverzones en de omliggende gebieden, omdat veel vogelsoorten zowel van het vrije water (b.v. foerageren) als de oevers (b.v. beschutting), als het binnendijkse gebied (b.v. broeden) gebruik maken. In dit hoofdstuk ligt het accent op de betekenis van het open water. Indien nuttig, wordt het omringende gebied bij de beschrijving betrokken. De zwemeenden en steltlopers worden buiten beschouwing gelaten, aangezien voor deze groepen het open water geen functie van betekenis vervult.

In 7.2 worden de functies het IJsselmeer voor vogels besproken. In 7.3 wordt een beschrijving gegeven van de belangrijkste ecologische gegevens van de voorkomende vogelsoorten, aan de hand van Tabel 24.

7.2 De functies van het IJsselmeer

Het IJsselmeer wordt jaarlijks bezocht door een gevarieerde groep vogels, overwinterraars, doortrekkers, broedvogels en zomergasten. Voor deze groepen vervult het IJsselmeergebied verschillende functies: foerageer-, rust-, rui-, balts- en broedfunctie. In de volgende paragrafen worden deze functies besproken.

Tabel 24. Een aantal ecologische gegevens van de op het open water voorkomende vogels in het IJsselmeergebied (naar Beintema et al. 1980, De Molenaar & Miskens 1979, Van der Wal 1976, 1978, 1981, Saeijs & Baptist 1978, Atkinson-Willes 1976, Scott 1980, Sennens 1970, Cramp & Simmons 1977, Osieck 1982, Teixeira 1979, Zomerdijsk 1979).

Soort	Gem. jaar max.	Piekaantallen	% Klein IJssel.	1% Norm	Rust	ruil	balts	broed	belangr. IJssel.	delen	voedsel
fuut	15- 20 000	jul-dec	40-90	50- 93x	+	+	-	+	Friese oever, verspreid	spiering,	
aalscholver	18- 22 000	feb-okt	30-50	60-73x	-	-	-	+	Oostvaardersplassen,	diverse vis	
topperend	85-115 000	dec-mrt	70-90	57- 80x	+	+	++	-	Naardermeer, Steile Bank	drievoetsmossel	
kuifeend	85-115 000	okt-mrt	20-40	17- 26x	+	+	+	-	Zuid Kij, Houtribdijk, Friese oever	15-23 mm drievoetsmossel	
tafeleend	30- 50 000	30-0dec -jan		12- 36x	+	++	-	-	Houtribdijk, beschutte plaatsen	7-19 mm drievoetsmossel	
brilduiker	7- 10 000	dec-mrt	50-70	4- 9x	+	-	+	-	Houtribdijk, beschutte plaatsen	drievoetsmossel, fonteinkruid, e.a. planten, drievoetsmossel (klein), tweekleppigen, slakken	
meerkoet	10- 20 000	dec-mrt	30-50	1- 4x	+	+	-	+	zuidwest Markermeer Friese + Holl. oevers	drievoetsmossel, algen, oeverplanten	
grote zaagbek	8- 20 000	jan-mrt	90-95	10- 41x	+	-	-	-	oevers noord Kl. IJsselmeer	diverse vis < 10 cm	
middelste zaagbek	4- 9 000	jan-mrt	95-99	10- 50x	+	-	-	-	noord Kl. IJsselmeer	aal, spiering	
nonnetje	6- 12 000	jan-feb	0-20	30-100x	-	-	-	-	zuid Markermeer, Lelystad, spiering, Oostvaardersdijk		
grote mantelmeeuw	1- 2 000	sep-mrt			-	-	-	-	noord Kl. IJsselmeer	spiering	
zilvermeeuw	15- 2 500	hale jaar			-	-	-	-	Steile Bank		
stormmeeuw	2 3 000	dec-apr			-	-	-	-	noord Kl. IJsselmeer	spiering	
kokmeeuw	40-50 000	aug-nov			-	-	-	-	verspreid	spiering	
dvergmeeuw	4 8 000	sep-dec + feb-apr			-	+	+	+	Friese oever, Steile B.	spiering, pos	
zwarte stern	40-80 000	jun-sep	50-90		-	-	-	-	oevers Kl. IJsselmeer	spiering	
viedief	15-20 000	mei-sep	50-90		-	-	+	+	Steile bank	spiering 25-105 mm, muggen	
					-	-	-	-	noord Kl. IJsselmeer, Oost Markermeer, Steile Bank	spiering(larven), insecten	
knobbelswaan	3- 5 000	mei-okt	40-75	3- 4x	+	+	-	+	oevers	draadalg, (fonteinkruiden), drievoetsmossel	
kleine zwaan	3- 3 500	sep-nov			+	-	-	-	oevers, Friese oever	fonteinkruiden, grassen	

7.2.1 Foerageerfunctie

Het IJsselmeer is door de zachte bodem en de aanvoer van nutriënten door met name de IJssel rijk aan voedsel voor vogels: bodemfauna, vissen en in mindere mate planten. De avifauna kan verdeeld worden in benthoseters, viseters en planteneters. Voor de eerste groep is vooral de driehoeksmossel van belang en in mindere mate de overige tweekleppigen, slakken en muggelarven. Spiering is de belangrijkste prooi voor de viseters, met name in de wintermaanden. In de zomermaanden wordt ook gedoken naar o.a. pos, aal en brasem. Voor de planteneters speelt het open water van het IJsselmeer geen rol van betekenis als foerageergebied. Zij zoeken hun voedsel (fonteinkruiden en draadalg) langs de oevers en op de boven water gelegen, buiten- en binnendijkse gebieden.

7.2.2 Rustfunctie

De meeste benthos-etende vogels rusten overdag, de viseters 's nachts, op speciale, van soort tot soort, verschillende plaatsen. Hiervoor wordt door een aantal soorten (duikeenden, futen, zaagbekken) min of meer windbeschutte, weinig verstoorde, onbegroeide stukken open water opgezocht. Een aantal soorten (aalscholvers, ganzen, sterns) zoekt om te rusten het land op (met name de Steile Bank). Omgekeerd komen andere op het land foeragerende soorten (ganzen) naar het IJsselmeer om te rusten en te slapen.

7.2.3 Ruifunctie

Voor de ruifunctie van het IJsselmeer is rust een belangrijke factor. Vooral die soorten die in korte tijd slag- en staartpennen wisselen en hierdoor enkele weken niet kunnen vliegen (eenden, futen), zijn gedurende de ruiperiode zeer kwetsbaar en gevoelig voor verstoringen.

7.2.4 Baltsfunctie

Door sommige soorten wordt er op het IJsselmeer gebaltst (kuifeend, brilduiker). Voor de toppereend is het IJsselmeer het baltsgebied bij uitstek in West-Europa. Door een aantal broedvogels van het IJsselmeergebied wordt wel gebaltst op de broedplaats, maar niet op open water.

7.2.5 Broedplaatsfunctie

Direct heeft het vrije water van het IJsselmeer geen broedplaatsfunctie. Indirect bepaalt het IJsselmeer als foerageergebied echter in belangrijke

mate de geschiktheid van de broedplaatsen langs de oevers en in in het achterland. Vooral voor aalscholvers en visdieven is het IJsselmeergebied als broedplaats van internationaal belang.

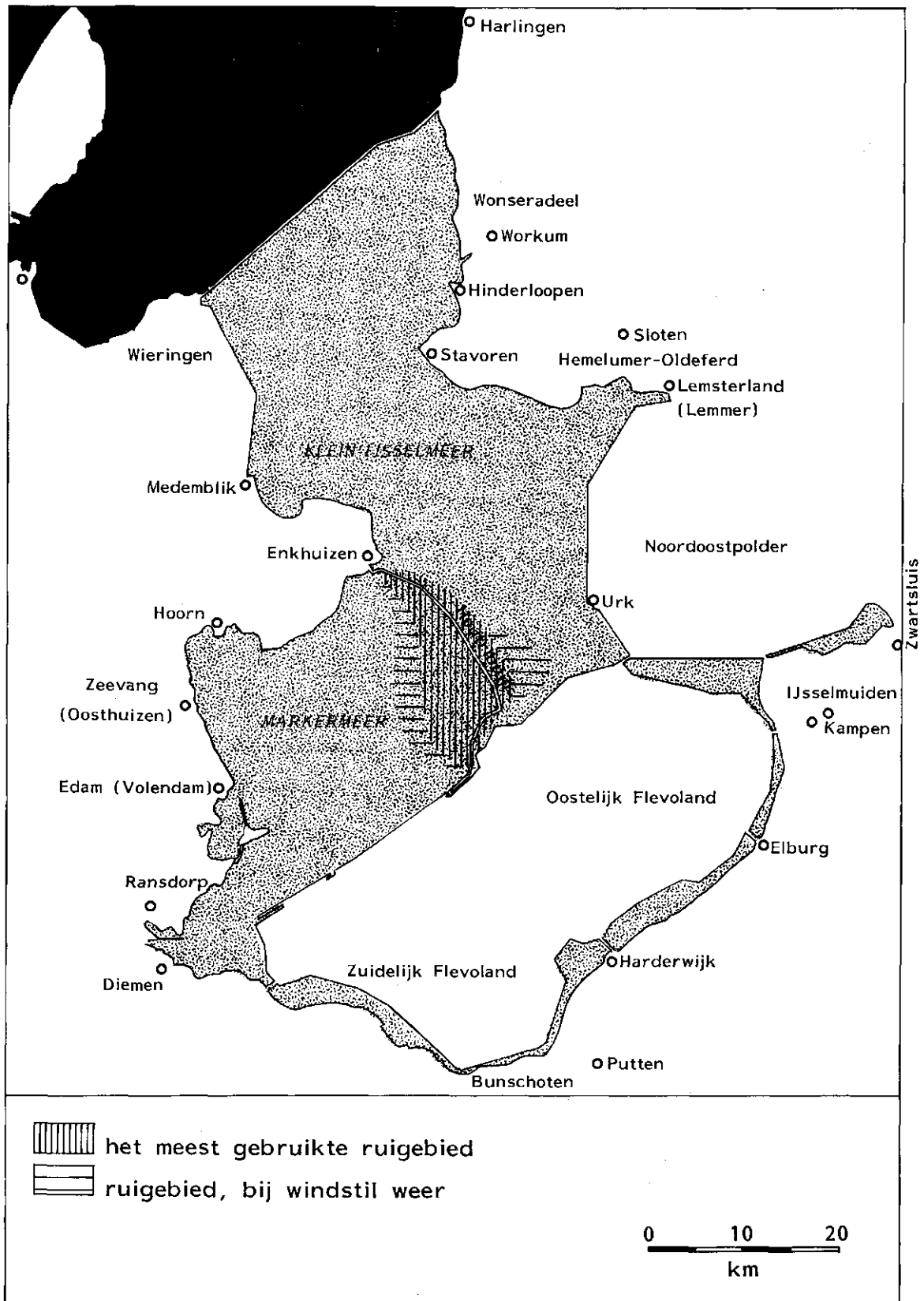
7.3 De soorten en hun verspreiding

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de vogels van het open water van het IJsselmeer. Aantallen en de belangrijkste gegevens zijn gegeven in Tabel 24. De verspreiding wordt per soort afzonderlijk kort besproken.

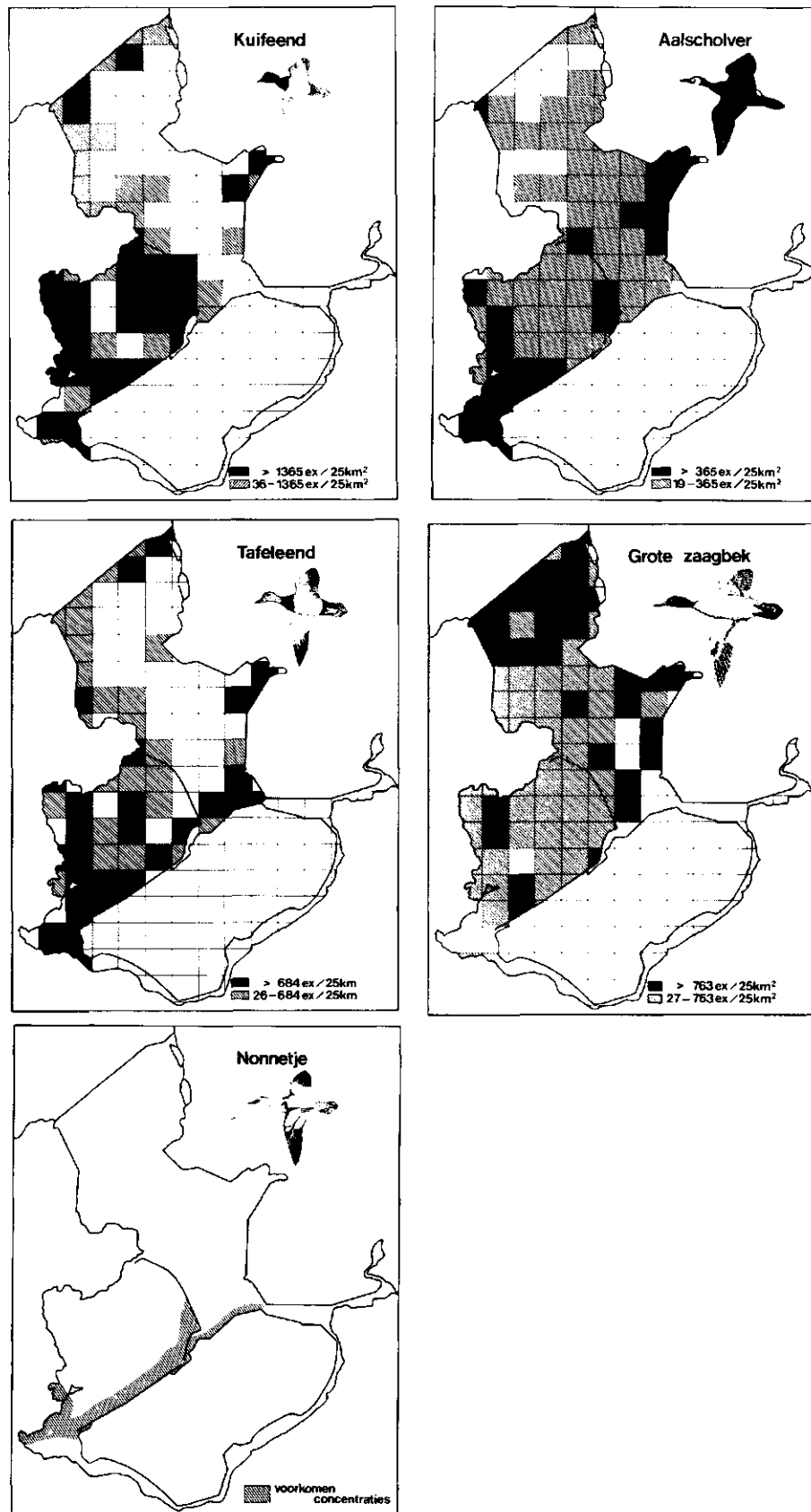
Fuut. Het aantal broedparen van de fuut, verspreid over de oevers van het IJsselmeer, wordt geschat op circa 1500 (Vlug 1976a, 1976b, 1980). In de ruitijd, de zomermaanden, neemt het aantal futen toe tot meer dan 20 000. De hoogste concentraties worden dan waargenomen langs de Friese westkust en op het Enkhuizerzand. In de herfst en winter verspreiden de futen zich over het IJsselmeer, met name het Klein IJsselmeer.

Aalscholvers. Ruim de helft van de Noordwesteuropese broedpopulatie van de aalscholvers (Phalacrocorax carbo, ondersoort sinensis) broedt in Nederland. Met name de kolonies van de Oostvaarders- en Lepelaarsplassen zijn hierbij van belang en nemen de laatste jaren nog in omvang toe (huidige broedpopulatie 5200 resp. 1200-1500 broedparen; F. Vera mond. med.). De broedkolonie in het Naardermeer schommelt rond de 2500 broedparen. Vanuit de broedkolonies wordt gefoerageerd in het oostelijke Markermeer en het zuidelijke Klein IJsselmeer (Osieck 1982) (Fig. 22). Een belangrijk deel van het voedselgebied valt samen met die delen van het meer waar rijke driehoeksmosselpopulaties voorkomen. Dit houdt mogelijk verband met de predatie op blankvoorn, een soort die afhankelijk is van de driehoeksmossel. Niet-broedende exemplaren houden zich op in de Workumerwaard en op de Steile Bank (Fig. 22). Na de broedtijd voegen de broedende exemplaren zich hierbij, en tot in de herfst maken vele duizenden aalscholvers gebruik van de Steile Bank om te rusten en te slapen, voor zij zuidwaarts trekken.

Toppereend. Toppereenden broeden in Noord-Europa en trekken vanaf juni tot oktober zuidwaarts om te overwinteren, o.a. naar het IJsselmeer. In de loop van de winter trekken grote aantallen toppereenden vanuit Engeland en Denemarken alsnog naar het IJsselmeer om er te baltsen. In de



Figuur 21. Positie van het ruigebied van kuif- en tafeleenden
(Van der Wal & Zomerdijs 1979)



Figuur 22. Het verspreidingspatroon van vijf soorten watervogels op het open water van het IJsselmeer (1977-1978), gebaseerd op de hoogste getelde aantallen per inventarisatiehok (De Molenaar & Müskens 1979).

baltstijd (februari tot april) is 80% van de Westeuropese winterpopulatie op het IJsselmeer aanwezig. Ze bevinden zich vooral in het zuidelijke deel van het Markermeer (ca. 70%), langs de Houtribdijk, de westoever van Friesland en de dijk van de Noordoostpolder. Alleen bij harde wind (meer dan 7 Bft.) zoeken toppereenden de buurt dicht onder de oevers. Door de voorkeur van deze vogels voor open water worden tellingen en exacte aantalschattingen bemoeilijkt.

Kuifeend. De kuifeend heeft zijn broedgebied voornamelijk in Noordoost-Europa en overwintert bij voorkeur in zuidelijker gelegen eutrofe open wateren. Het IJsselmeer gebied is het belangrijkste ruigebied voor kuifeenden in West- en Midden-Europa (Van der Wal & Zomerdijk 1979). In augustus worden hier de meeste ruiende kuifeenden waargenomen. Tot januari groeit het aantal nog door de komst van trekvogels uit noordelijke streken. De rui concentreert zich sterk rond de Houtribdijk (Van der Wal & Zomerdijk 1979). Na de rui houden de meeste kuifeenden zich overdag op in het Markermeer (ca. 65%) en in het zuidoosten van het Klein IJsselmeer (Fig. 21). 's Nachts worden de ondiepere delen van het open water opgezocht (Drost e.a. 1981).

Tafeleend. De tafeleend broedt minder noordelijk dan de kuifeend maar trekt ook naar Zuidwest-Europa voor de overwintering. Het IJsselmeer is voor deze soort waarschijnlijk het belangrijkste ruigebied in West- en Midden-Europa (Van der Wal & Zomerdijk 1979). Het maximum aan ruiende vogels valt meestal in augustus. Zij verblijven in hoofdzaak op de noordflank van het Enkhuizerzand (Fig. 22). Maximale aantallen worden bereikt in december en januari (30 000-50 000 exemplaren, afhankelijk van de strengheid van de winter, Drost et al. 1981; 40 000-85 000 exemplaren, Van der Wal 1981). Deze vogels worden vooral waargenomen op het IJmeer en zuidelijk Markermeer, langs de Oostvaardersdijk en op de west- en zuidoevers van het Klein IJsselmeer (Fig. 22). Tijdens het foerageren 's nachts zijn tafeleenden de meest kustgebonden duikeenden.

Brilduiker. De brilduiker broedt vooral in de naaldbossen van Noordoost-Europa. Het IJsselmeer is voor slechts kleine aantallen een ruiplaats (Haitjema 1983); gebaltst wordt er wel (Zomerdijk 1981). Vanaf oktober nemen de aantallen duidelijk toe. De maximale aantallen worden in februari of maart bereikt. Dan is 2 tot 6% van de Westeuropese

winterpopulaties in het IJsselmeer aanwezig. Het grootste gedeelte van de op het Markermeer verblijvende vogels concentreert zich in het zuidwesten en op het Enkhuizerzand. In het Klein IJsselmeer zoeken de brilduikers voedsel langs de oevers van Noord-Holland, Friesland en de Noordoostpolder. Dit zijn overwegend ondiepe (2-3 m) gebieden met een zandige bodem.

Meerkoet. Meerkoeten broeden verspreid over heel Europa in riet- en biezenkragen. Ook worden nesten gebouwd in ondiep water. De vogels in Noord-Europa zijn trekvogels omdat in deze gebieden de zoete wateren dichtvriezen. In West-Europa zijn meerkoeten deels standvogel en deels trekvogel. Van september tot in december vindt op het IJsselmeer aankomst en doortrek plaats van meerkoeten uit het buitenland. In deze periode is de meerkoet het talrijkst. Voor hun voedselvoorziening zijn deze vogels aangewezen op de oeverzones (driehoeksmossels, draadalgen) en, met name in het winterhalfjaar, op de binnenlanden. Het open water van het IJsselmeer is van ondergeschikt belang.

Knobbelzwaan. De groep knobbelzwanen op het IJsselmeer voorkomende bestaat zowel uit standvogels als uit trekvogels uit noordelijker streken. In de zomermaanden ruien jaarlijks tussen 3000 en 5000 knobbelzwanen langs de dijken van het IJsselmeer, grenzend aan open water. Na de rui lopen hun aantallen sterk terug. Belangrijke gebieden voor de knobbelzwaan zijn de Friese kust, de Afsluitdijk, de Noordhollandse kust en het zuidwesten van het Markermeer. 's Winters worden vooral binnenlandse graslanden bezocht om te foerageren. Om te rusten keren de knobbelzwanen steeds naar het IJsselmeer terug.

Kleine Zwaan. De kleine zwaan broedt in Noord-Rusland en trekt in september naar waterrijke gebieden in West-Europa. In het IJsselmeergebied worden in oktober/november de hoogste aantallen waargenomen. De voedselsituatie van het IJsselmeer is door inpolderingen en eutrofiëring aanzienlijk verslechterd, door de teruggang van de fonteinkruidvegetaties. Het foerageren op het IJsselmeer is hierdoor teruggelopen (Bouwer & Tinbergen 1939) en heeft zich verplaatst naar binnendijkse graslanden. De kleine zwaan rust voornamelijk langs de dijken en bezoekt tijdens het foerageren op het IJsselmeer vooral de Noordhollandse en Friese kust en het zuidelijke IJmeer.

Grote zaagbek. Het broedgebied van de grote zaagbek bevindt zich in Noordoost-Europa. De migratie naar Denemarken, Nederland en Engeland begint in september/oktober na de rui. In november komen deze vogels naar het IJsselmeer en zijn in januari tot maart het talrijkst. Ze bevinden zich voornamelijk op het open water van het Klein IJsselmeer (Fig. 22). Dit bemoedigt tellingen. Bij voorkeur wordt er gevist in de buurt van stevige geuloevers en langs de randen van ondiepten en dijken (Drost et al. 1981).

Middelste zaagbek. Middelste zaagbekken broeden nog noordelijker dan de grote zaagbekken. Overwinteren gebeurt vooral in min of meer beschutte zoutwatergebieden en op visrijke zoetwatergebieden. Ze komen op het IJsselmeer voor van november tot mei, met maximale aantallen in januari-maart (4000-9000 exemplaren). Overdag, tijdens het foerageren, verblijft gemiddeld 99% van de middelste zaagbekken op het Klein IJsselmeer, vooral op de noordelijke helft (Beintema et al. 1980). Hier wordt met name naar aal gedoken in de oude stroomgeulen.

Nonnetje. Het nonnetje broedt in Noord-Rusland, Noord-Finland en Siberië. Overwinteren gebeurt zeer plaatselijk in West-Europa. In hoofdzaak wordt het nonnetje op het IJsselmeer waargenomen in de periode december tot en met april. In januari bevindt zich 5 tot 100% (gemiddeld 40%) van het Westeuropese winteraantal nonnetjes in het IJsselmeer. Ze houden zich voornamelijk op langs de gehele zuidrand van het Markermeer en op het Klein IJsselmeer nabij Lelystad (Fig. 22) (Doornbos 1979), vanwege de daar aanwezige combinatie van visrijkdom en beschut gelegen binnendijks water om te rusten en slapen. Deze combinatie is op het Klein IJsselmeer zeldzaam (Swennen 1970, Beintema 1980). Er wordt tot 1,5 km uit de kust gevoerageerd.

Meeuwen. Van de meeuwen komen de kokmeeuw en de zilvermeeuw het gehele jaar (ook als broedvogel) in het IJsselmeergebied voor. De dwerg-, storm- en grote mantelmeeuwen zijn overwinteraars en/of doortrekkers. De kokmeeuw is de talrijkste meeuwesoort en broedt vooral in de Workumerwaard, de Oostvaardersplassen, de Lepelaarsplassen en bij Lelystad. De grote mantelmeeuw is een schaarse broedvogel rond het IJsselmeer.

De op het IJsselmeer foeragerende meeuwen voeden zich hoofdzakelijk

met vis en bevinden zich bij voorkeur op het Klein IJsselmeer (noordelijk deel). Als rust- en slaapgebied (kokmeeuw, grote mantelmeeuw) zijn vooral de Friese kust en de Steile Bank belangrijk.

Sterns. Op het IJsselmeer worden met name de visdief en de zwarte stern waargenomen. Overige sternsoorten komen in geringe aantallen voor: dwergstern (enkele broedparen bij Lelystad), noordse stern (enkele broedparen Workumerwaard), grote stern (broedkolonies verdwenen) en de reuzenster (enkele tientallen als doortrekker) (Haitjema 1982).

Van de visdief wordt rond het IJsselmeer een drietal grote kolonies gevonden: Workumerwaard, Lelystad-Haven en bij de Houtribsluizen. Deze broedkolonies, behorende tot de grootste van Europa, worden bedreigd door verruiging van de vegetatie, stadsuitbreiding (Lelystad-Haven) en onregelmatige overstrooming van de broedgebieden. In de periode mei tot september wordt op grote schaal door de broedende en later ook door doortrekkende visdieven gefoerageerd in het IJsselmeer. Tijdens de broedtijd zijn ze vooral in het noorden van het Klein IJsselmeer en het oosten van het Markermeer te vinden. Daarna verspreiden ze zich meer over het gehele IJsselmeer. De Steile Bank is na de broedtijd een belangrijke slaappleats, het ondiepe water voor de Workumerwaard een belangrijke rustplaats voor onvolwassen exemplaren.

LITERATUUR

- Atkinson-Willes, G.L. 1972. The international Wildfowl censuses as a basis for Wetland evaluation and hunting realisation. In: E. Carp (ed.), Proc. Int. Conf. Conserv. Wetlands and Waterfowl, Ramsar 1971, International Waterfowl Research Bureau, Slimbridge, England, 87-110.
- Atkinson-Willes, G.L. 1976. The numerical distribution of ducks, swans and coots as a guide in assessing the importance of wetlands in midwinter. In: M. Smart (ed.), Proc. Int. Conf. Conserv. Wetlands and Waterfowl, Heiligenhafen 1974. International Waterfowl Research Bureau, Slimbridge, England, 199-254.
- Banning, P. van, W. Heermans & J.A. van Willigen 1985. *Anguillicola crassa*, een nieuwe parasiet in de Nederlandse wateren. Visserij 38, 6-7: 237-240.
- Beaufort, L.F. de (red.) 1954. Veranderingen in de flora en fauna van de Zuiderzee (thans IJsselmeer) na de afsluiting in 1932. Verslag van de onderzoekingen ingesteld door de Zuiderzeecommissie van de Nederlandse Dierkundige Vereniging. De Boer jr., Den Helder. 359 p.
- Beintema, A.J. et al. 1980. Atlas van watervogels op het IJsselmeer. RIN-rapport 80/2, Leersum. 89 p. + 11 bijlagen.
- Benthem Jutting, T. van 1954. Mollusca. In: L.F. de Beaufort (red.), Veranderingen in de flora en fauna van de Zuiderzee (thans IJsselmeer) na de afsluiting in 1932. De Boer jr., Den Helder.
- Berger, C. 1982. Een benadering van de habitat van *Oscillatoria agardhii* gom., Flevobericht nr. 205, RIJP, Lelystad.
- Bouwman, H.W. 1975. Het voorkomen en de groei van pos in diverse wateren in Nederland. Doctoraal verslag RIVO.
- Bouwer, G.A. & L. Tinbergen, 1939. De verspreiding der kleine zwanen *Cygnus b. bewickii* Yarr, in de Zuiderzee voor en na de verzoeting, Vogels 12, 1.: 1-18.
- Brocades Zaalberg, R.W. 1985. Het ecosysteem van het IJsselmeer, opbouw en bedreigingen. Natuur en Milieu, Utrecht.
- Cazemier, W.G. 1975. Onderzoek naar de oorzaken van groeiverschillen bij de brasem. Visserij 28, 4: 197-207.
- Cazemier, W.G. 1979. De gevolgen van zandwinning in het IJsselmeer-randmerengebied, voor de visstand en de visserij aldaar. RIVO-rapport ZS 97-1.
- Cramp, S. & K.E.L. Simmons (eds.) 1977. Handbook of the birds of Europe,

- the Middle East and North Africa: the birds of Western Palearctic.
Volume 1: Oistrich to Ducks, Oxford University Press 1977 (1e druk):
722 p.
- Densen, W.L.T. van & J. Vijverberg 1983. De rol van vis in het voedselweb
van het Tjeukemeer. In: S. Parma, H.M. van Emden & J. Castelein
(red.), Oecologie van meren en plassen. Biologische Raad reeks, PUDOC,
Wageningen: 57-84.
- Directie Visserijen. Jaarverslagen 1975-1986. RIVO, IJmuiden.
- Doornbos, G. 1979. Winter food habits of smew (*Mergus albellus* L.) on
Lake IJssel, The Netherlands. *Ardea* 67: 42-48.
- Drost, H.J. et al. 1981. Natuurwaarden IJsselmeergebied. Een eerste
inventarisatie van natuurwaarden in Flevoland en van het Markermeer.
Prognoses van natuurwaarden in de Markerwaard, RIJP-rapport, CNM 94:
47 p., 34 fig. + 5 bijl.
- DHV Raadgevend Adviesbureau BV 1987. IJsselmeergebied, een ecologische
visie i.o.v. het Ministerie Landbouw & Visserij, dir. Natuur, Milieu
en Faunabeheer, Den Haag.
- Dijkzeul, A. 1982. De waterkwaliteit van de Rijn in Nederland in de
periode 1970-1981. RIZA-nota, nr. 82-061: 112 p.
- Ente, P.J. 1981a. Over de gehalten aan de zware metalen cadmium, chroom,
koper, kwik, lood en zink in de bodem van de Markerwaard. Flevobericht
nr. 175, RIJP, Lelystad.
- Ente, P.J. 1981b. Aantekeningen over de IJsselmeerafzetting in het
IJsselmeergebied en over een aantal in de loop der tijden veranderende
hoedanigheden, voornamelijk m.b.t. zware metalen (cadmium, chroom,
koper, kwik, lood en zink). Flevobericht nr. 177, RIJP, Lelystad.
- Ginkel, C.J. van 1979. Resultaten sportvisserstellingen en -enquêtes op
het IJsselmeer. *Visserij* 32, 6: 441-449.
- Gool, P.B. van 1982. Voortplanting en groei bij *Dreissena polymorpha*
Pallas. Werkdocument RIJP, 1982: 35 afb, 24 p.
- Haitjema, T. 1982. Voorkomen van de Reuzenster *Sterna caspia* op de
Steile Bank tijdens de herfsttrek. *Limosa* 55, 2: 37-42.
- Haitjema, T. 1983. Een van de belangrijke waterrijke vogelgebieden: de
Gaasterlandse IJsselmeerkust. In: T. Haitjema (red.), Jaarboek 1981/82
Vogelwerkgroep Friese IJsselmeerkust e.o., Uitgave nr. 17, Koudum:
7-24.
- Havinga, B. 1941. De veranderingen in den hydrografischen toestand en in
de macrofauna van het IJsselmeer gedurende de jaren 1936-40. Meded.

- Zuiderzee Comm. 5: 5-26.
- Heermans, W. 1975. Verslag over het onderzoek naar de bodemfauna van het IJsselmeer. Visserij 28, 3: 140-144.
- Heermans, W. 1978. Resultaten van het onderzoek naar de talrijkheid van enige bodemdieren in het IJsselmeer. Visserij 31, 7: 527-531.
- Heul, J.W. van der & W.G. Cazemier 1980. Bodemsamenstelling en bodemorganismen bij en in zandwinputten in het IJsselmeer. RIVO-rapport. zs 80-01: 19 p.
- Hooghart, J.C. 1981. Waterkwaliteit en waterkwantiteit in het IJsselmeergebied. CHO-TNO rapporten en nota's nr. 9.
- Jong, J. de 1982. De invloed van diepe putten op de fosfaatbelasting van een meer. Flevobericht nr. 200, RIJP, Lelystad.
- Jong, J. de, C. Berger & M.R. van Eerden 1982. Een verkenning van de natuurwaarden van de Markerwaard en het IJsselmeergebied na aanleg van de Markerwaard, Werkdocument RIJP, 4 Afb., 50 p. + 2 bijl.
- Koenders, J.T.H. & J. Mentink 1982. Het voedsel van 'rode aal' (*Anguilla anguilla*) in het IJsselmeer. RIVO rapport ZA:82-02.
- Lammers, E.H.R.R. 1982. Growth, condition and gonad development of bream (*Abramis abramis* L.) in relation to its feeding conditions in Tjeukemeer. Hydrobiologia 95: 311-320.
- Leentvaar, P. 1981. Hypertrofiëring van het IJsselmeer. In: Waterkwaliteit en waterkwantiteit in het IJsselmeergebied (Hooghart red.) TNO-CHO.
- Liewes, E.W. & Schaminee-Main 1987. Onderzoek parasiet vordert. Onze zoetwatervisserij 80-6/7.
- Los, F.J. 1981. Algensoorten samenstelling. In: Waterkwaliteit en waterkwantiteit in het IJsselmeergebied. Verslag van de 2e CHO-studiebijeenkomst 1981. Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO, serie: Rapporten en nota's nr. 9: 142-147.
- Mur, L.R. 1984. Commentaar op het advies van de commissie algenbloei westelijke randmeren Markerwaard. 12 maart 1984.
- Nagtegaal, P. & H.J. Snel 1985. De beroepsvisserij in het IJsselmeergebied. Flevobericht 253.
- Onderzoekcommissie Diepe Putten IJsselmeer en Randmeren 1981. Rapport onderzoekresultaten tot en met 1980 van de Onderzoekcommissie Diepe Putten IJsselmeer en Randmeren, WWNO-N-80.0009, Rijkswaterstaat: 104 p. + 32 bijl.
- Osieck, E.R. 1982. Belangrijke waterrijke vogelgebieden in Nederland.

- Limosa 55 (2): 43-55.
- Osieck, E.R. 1983. Afweer van aalscholvers op de viskwekerij Lelystad, onderzoek 1982. Staatsbosbeheer inspectie Natuurbehoud Utrecht: 50 p., 17 foto's, 8 appendices.
- Osieck, E.R. 1986. Vogelrijkdom van het IJsselmeer. Vogels 6-34: 130-134.
- Oudelaar, H.G.J. 1983. De IJsselmeervisserij. Visserij 2. Landbouw en Visserij, Directie der Visserijen.
- PAC 1985. Pompaccumulatie Centrale IJsselmeer. Rapport voor Nederlandse Energie Ontwikkelingsmij. Utrecht.
- Postma, H. 1981. De eutrofiëring van het IJsselmeer. In: Waterkwaliteit en waterkwantiteit in het IJsselmeergebied. (Hooghart red.) TNO-CHO.
- Redeke, H.C. 1936. Flora en Fauna der Zuiderzee. Uitg. Zuiderzee Commissie der Nederlandsche Dierkundige Vereeniging.
- RWS, RIV. RID 1981-1986. Kwaliteitsonderzoek in de Rijkswateren. Verslagen van de resultaten over het 1e t/m 4e kwartaal 1980-1986.
- RWS, dir. ZZW/RIJP 1983. Het Markermeer. Informatie voor het beheer als open water.
- Saeijs, H.L.F. & H.J.M. Baptist 1978. Evaluatie van West-Europese overwinteringsgebieden van watervogels, Deltadienst, afd. Milieu Onderzoek, nota 78-10: 66 p.
- Salomons, W. 1983. Trace metal cycling in a polluted lake: IJsselmeer. IB, Haren.
- Scott, D.A. 1980. A preliminary inventory of wetlands of international importance for waterfowl in West Europe and Northwest Africa. IWRB special publication no. 2, International Waterfowl Research Bureau, Slimbridge, England: 127 p.
- Soest, R.W.M. van 1970. Onderzoek naar aspecten van de oecologie van de driehoeksmossel *Dreissena polymorpha* (Pallas 1771) (Lamellibranchiata) in het IJsselmeer. Doctoraalverslag, RIVO: 26 p.
- Swennen, C. 1970. Vogelwaarnemingen op het IJsselmeer. Limosa 43, 1-2: 1-10.
- Szijj, I. 1972. Some suggested criteria for determining the International Importance of Wetlands in the Western Palearctic. In: E. Carp (ed.), Proc. Int. Conf. Conserv. Wetlands and Waterfowl, Ramser 1971. International Waterfowl Research Bureau, Slimbridge, England: 111-117.
- Technische Werkgroep Spaarbekken IJsselmeer 1975. Voorlopig verslag inventarisatie kwantitatieve aspecten. Verslag subgroep kwantiteit (TWSIJ 31). Rijkswaterstaat, Den Haag: 33 p + 34 bijl.

- Teixeira, R.M. 1979. Atlas van de Nederlandse broedvogels. Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland, 's-Graveland: 431 p.
- Urk, G. van 1974. Onderzoek bodemfauna van IJssel, Ketelmeer en IJsselmeer, augustus-september 1973, voorlopig verslag RIZA: 17 p.
- Vaate, A. bij de 1978. De invloed van een aantal milieufactoren op de groei en de ontwikkeling van de driehoeksmossel *Dreissena polymorpha* Pallas. Werkdocument RIJP, Abw. 197-1978: 22 p.
- Vaate, A. bij de 1982. Kwantificering van de predatie van Driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*) door blankvoorn (*Rutilus rutilus*) in het IJsselmeergebied. Werkdocument RIJP, 1982-18 Abw.: 7 p. + 2 fig.
- Vaate, A. bij de, P. van der Vet & R. Kappetein 1978. Oriënterend onderzoek naar het voorkomen van Cladocera en Copepoda in de randmeren en het IJsselmeer. Werkdocument RIJP 1978-115.
- Vlug, J.J. 1976a. Het IJsselmeer als rui- en broedgebied van de fuut (*Podiceps cristatus*). Watervogels 1: 15-22.
- Vlug, J.J. 1976b. Zomerconcentraties van de fuut (*Podiceps cristatus*). Natura 73, 5: 121-132.
- Vlug, J.J. 1980. Broedkolonies van de fuut (*Podiceps cristatus*). Watervogels 5, 1: 8-17.
- Wal, R.J. van der 1976. De betekenis van het IJsselmeergebied over overwinterende watervogels. Watervogels 1, 3: 54-79.
- Wal, R.J. van der 1978. Resultaten van twee seizoenen watervogeltellingen in het IJsselmeergebied. Watervogels 3, 1: 25-31.
- Wal, R.J. van der 1979. De driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha* Pallas) in het IJsselmeer. Doctoraalverslag, Universiteit van Amsterdam.
- Wal, R.J. van der 1981. De duikeenden van het IJsselmeer. Een inleidend onderzoek van het belangrijkste overwinteringsgebied voor duikeenden in West-Europa (1975-1977). Doctoraalverslag Universiteit van Amsterdam/RIN: 138 p.
- Wal, R.J. van der & P.J. Zomerdijk 1979. The moulting of Tufted Duck and Pochard on the IJsselmeer in relation to moult concentrations in Europe. Wildfowl 30: 99-108.
- Wibaut-Isebreë Moens, N.L. 1954. Plankton in: Flora en Fauna van de Zuiderzee (De Beaufort red.).
- Willemsen, J. 1977. Population dynamics of percids in Lake IJssel and some smaller lakes in the Netherlands. J. Fish. Res. Board Can. 34: 1710-1719.

- Willemsen, J. 1980. Fishery aspects of eutrophication. *Hydrobiol. Bull.* 14, 1-2: 12-21.
- Willemsen, J. 1983. Ketelmeer, IJsselmeer en Markermeer; waterkwaliteit, voedselketens en visstand. Lezing op het symposium 'Rijnwater in Nederland', september 1983.
- Willigen, J. van, W. Dekker & P. van Banning 1986. De parasiet *Anguillicola crassa* in Nederlandse aal. Rapport Binnenvisserij 86-4, RIVO, IJmuiden.
- Zomerdijk, P.J. 1979. Ruiende toppereenden (*A. marila*) op het IJsselmeer. *Watervogels* 4, 4: 157-161.
- Zomerdijk, P.J. 1981. Geslachtsverhouding bij brilduikers (*Bucephala clangula*) in het winterhaljaar. *Watervogels* 6, 2: 53-64.
- Zwaag, A. van der 1980. De vogels in het IJsselmeergebied. *IJsselmeerberichten* 30/2: 643-648.

SAMENVATTING

Het huidige IJsselmeergebied bestaat uit het Klein IJsselmeer en het Markermeer, gescheiden door de Houtribdijk, de IJsselmeerpolders en de randmeren. Het open water (192 500 ha) vormt een van de grootste ondiepe zoetwatermeren ter wereld. Het Klein IJsselmeer heeft een grotendeels zandige bodem. Het sediment in het Markermeer bestaat voornamelijk uit klei.

De grootste waterleverancier aan het Klein IJsselmeer en, indirect via de Houtribsluizen, aan het Markermeer is de IJssel. De afvoer van overtollig IJsselwater gebeurt door het Noordzeekanaal en door sluizen in de Afsluitdijk. De stroming in het IJsselmeer is gering bij afwezigheid van wind. Onder invloed van de wind kunnen echter grote waterverplaatsingen optreden. Eveneens als gevolg van de grote windinvloed is het IJsselmeerwater doorgaans goed gemengd. Verder is de wind nog van betekenis voor de golfhoogte (van belang voor blauwalgen en watervogels) en als de drijvende kracht achter kruierend ijs. De goede verticale menging van het water gaat vooral in het Markermeer gepaard met opwerveling van bodemslib. Dit resulteert soms versterkt door de tijdelijk zeer hoge algendichtheden, in troebel water met weinig doorzicht. Afzetting van verontreinigd IJsselslib vindt plaats in het Ketelmeer, het aangrenzende deel van het Klein IJsselmeer en de voormalige stroomgeulen van de Zuiderzee.

Op grond van de waterkwaliteit is het Markermeer te karakteriseren als eutroof (voedselrijk), het Klein IJsselmeer als hypertroof (te voedselrijk). In geen van beide meren is de nutriëntenconcentratie limiterend voor algengroei. Vooral in het Klein IJsselmeer vertonen de fosfor-, stikstof- en siliciumgehalten een seizoenfluctuatie, met lage waarden in het tweede en derde kwartaal (algenbloei). Grote hoeveelheden nutriënten, afkomstig uit de IJssel, zijn geaccumuleerd in het IJsselmeer. Als gevolg van de aanleg van de Houtribdijk zijn de nutriëntenconcentraties in het Markermeer lager dan in het Klein IJsselmeer. Ditzelfde geldt voor de verontreiniging door zware metalen en gechloreerde koolwaterstoffen. Deze microverontreinigingen zijn eveneens afkomstig van de IJssel (indirect van de Rijn). De afgelopen jaren is het grootste gedeelte van de door de IJssel aangevoerde hoeveelheid zware metalen en gechloreerde koolwaterstoffen (geadsorbeerd aan slibdeeltjes)

op de IJsselmeerbodem achtergebleven.

Het chloridegehalte van het Klein IJsselmeer is in de zomer hoger dan 's winters (100-190 mg Cl^-/l). In het Markermeer is het chloridegehalte constant (200 mg Cl^-/l). Door de goede menging is het IJsselmeerwater doorgaans verzadigd met zuurstof. Lage tot zeer lage zuurstofconcentraties worden incidenteel gemeten tijdens de instorting van de algenbloei in het najaar en over langere periodes in de diepe zandwinputten. Tijdens een algenbloei is het water overdag oververzadigd met zuurstof. 's Nachts vindt, door afwezigheid van zonlicht, geen fotosynthese plaats en blijft zuurstofproduktie uit. De zuurstofconcentratie in het water kan hierdoor 's nachts sterk dalen. De zuurgraad van het IJsselmeerwater schommelt tussen 8-9. Ook hierbij spelen de algen een grote rol. Tijdens de algenbloei stijgt de pH overdag als gevolg van de onttrekking van bicarbonaat aan het water. Na de massale sterfte van algen in de nazomer daalt de pH door de bij afbraak vrijkomende CO_2 .

De levensgemeenschap van de bodem wordt gevormd door het fytoënthos, het zoöënthos en benthische bacteriën. Over benthische algen (diatomeeën) en bacteriën is geen informatie gevonden. Op de bodem groeiende planten zijn in het IJsselmeer weinig ontwikkeld, als gevolg van het troebele water. Ze komen voor langs de oevers en op lokale ondiepten. Het zoöënthos is, de beter bestudeerde driehoeksmossel uitgezonderd, weinig onderzocht. De gevonden publikaties betreffen voornamelijk wat oudere (jaren zeventig) en beperkte studies. De belangrijkste groepen zoöënthos in het Klein IJsselmeer zijn: mollusken (driehoeksmossel), muggelarven, vlokreeften en wormen (Tabel 16). In de voedselketen is vooral de driehoeksmossel belangrijk als voedsel voor vogels en vissen.

Binnen de levensgemeenschap van het vrije water is aan het fytoplankton, de vissen en vogels het meeste onderzoek verricht. Over het zoöplankton zijn weinig en over de bacteriën zijn geen gegevens gevonden. Hierbij worden blauwwieren niet tot de bacteriën gerekend. Het fytoplankton drukt nadrukkelijk een stempel op het gehele IJsselmeer. De groenwieren vormen een belangrijke voedselbron voor het zoöplankton en daarmee de basis voor het gehele ecosysteem. De blauwwieren hebben in het zeer voedselrijke, troebele water echter een betere concurrentiepositie. Deze blauwwieren komen, vooral in het Klein IJsselmeer, regelmatig tot grote bloei. Door de grote algendichtheden wordt het doorzicht dan nog geringer, de groenwieren kunnen zich slecht handhaven en visetende vogels

kunnen door het slechte zicht de prooien moeilijker bemachtigen. Als de blauwwierpopulatie in het najaar instort, kan de afbraak van het organisch materiaal, gepaard gaande met een hoog zuurstofverbruik en een detritusregen op de bodem, een verstoring betekenen van het systeem. Beperkend voor de algengroei is niet het nutriëntenaanbod, maar de lichtintensiteit. Het zoöplankton vormt de schakel tussen de primaire producenten (algen) enerzijds en de vissen en vogels anderzijds. Het vervult als zodanig een belangrijke ecologische functie. Het zoöplankton in het IJsselmeer bestaat uit watervlooien, roeipootkreeftjes, raderdiertjes en eencelligen. Kwantitatieve gegevens over consumptie en produktie van het zoöplankton en de predatie door met name vissen zijn niet beschikbaar.

De talrijkste vissoorten in het IJsselmeer zijn aal, snoekbaars, baars, brasem, blankvoorn, spiering en pos. De totale visdichtheid bedraagt 500 kg/ha voor het Klein IJsselmeer en 300 kg/ha voor het Markermeer. Het Klein IJsselmeer bevat relatief meer blankvoorn, brasem en spiering en minder pos (Tabel 18). De belangrijkste voedselbron voor jonge vis is het zoöplankton. Volwassen vissen schakelen over op ander voedsel: driehoeksmossels, muggelarven, wormen, pos en spiering. Groot zoöplankton (watervlooien) wordt ook door volwassen vissen gegeten. De spiering is van groot belang als prooi voor snoekbaars, baars en diverse visetende vogels.

Voor de visserij zijn vooral aal, snoekbaars en baars belangrijk. De IJsselmeervisserij heeft een jaaromzet van ongeveer 14 miljoen gulden en biedt werkgelegenheid aan 560 mensen. De aalvangst maakt meer dan de helft van de totale omzet uit. Er wordt gevist met fuiken, netten en hoekwant. Tot 1970 werd voornamelijk gevist met kuilnetten. Na het kuilnetverbod (1970) is de aalvangst gedaald en de baarsvangst gestegen. Door het ontbreken van een veilplicht voor IJsselmeervisserij zijn de vangstgegevens waarschijnlijk 30-35% lager dan de werkelijke vangst. Sportvisserij vindt hoofdzakelijk plaats op de blankvoorn, brasem en baars. Alleen met de baarsvangst treedt concurrentie op tussen beroeps- en sportvisserij.

Ornithologisch staat het IJsselmeer internationaal in hoog aanzien. Grote aantallen futen, aalscholvers, zwanen, ganzen, eenden, steltlopers, meeuwen en sterns maken jaarlijks gebruik van het IJsselmeer om er te rusten, foerageren, broeden, baltsen of ruien. Het grote aanbod van weinig verstoord, open, ondiep en voedselrijk water maakt het IJsselmeer

een uniek watervogelgebied. Voor tal van soorten wordt de 1%-norm fors (tot 100 x) overschreden (Tabel 24). Het Klein IJsselmeer is vooral van belang voor futen, aalscholvers, toppereenden, tafeleenden, brilduikers, meerkoeten, zaagbekken, meeuwen en sterns.

In het algemeen kan gesteld worden dat sommige aspecten van het IJsselmeer (blauwwieren, vogels, vissen) redelijk bekend zijn. Veel andere aspecten zijn minder (zoöbenthos, zoöplankton) of niet (bacteriën) onderzocht. Een algemeen overzicht in de vorm van een koolstof- of energiebalans kan op grond van de huidige gegevens niet samengesteld worden. De laatste jaren is weinig ecologisch onderzoek verricht. De behoefte aan ecologische rapporten als basis voor de afweging van mogelijke milieueffecten, lijkt echter groeiende (aanleg Markermeer, zandwinning, pompaccumulatiecentrale, natuurbeleidsplan, proefboring naar olie en gas). Onlangs is in opdracht van Natuur, Milieu en Faunabeheer (Ministerie van Landbouw en Visserij) een beheersvisie opgesteld ten aanzien van het IJsselmeer (DHV 1987).

Bijlage 1

ONDERZOEKINSTITUTEN BETROKKEN BIJ HET IJSSELMEER

Rijksinstituut voor Natuurbeheer - Leersum: ornithologie, algemeen.

Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders - Lelystad: bodemsamenstelling,
zoöbenthos, ornithologie, fytoplankton, zoöplankton algemeen.

Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater - Lelystad: waterkwaliteit.

Rijksinstituut voor Visserij Onderzoek - IJmuiden: vissen, visserij,
bodemfauna, watertemperatuur, zoutgehalte.

Universiteit Amsterdam afd. Hydrobiologie - Amsterdam: fytoplankton.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (voorheen: Rijksinstituut
voor Drinkwateronderzoek) - Bilthoven: waterkwaliteit.

Waterloopkundig Laboratorium - Delft: waterbewegingen, algenbloei
(modellering).

Rijkswaterstaat, Directie Zuiderzeewerken - Lelystad: waterkwaliteit,
ijsvorming.

TNO Commissie Hydrobiologisch Onderzoek - Den Haag: waterkwaliteit.

Limnologisch Instituut - Oosterzee: ecologie en invloed op Friese meren.

KNMI - De Bilt: weersgesteldheid.

Rijkswaterstaat, IJsberichten - Den Haag: watertemperatuur, ijsvorming.

Bijlage 2

ORGANISATIES BETROKKEN BIJ HET IJSSELMEER

ANWB

Postbus 93200, 2509 BA Den Haag

Organisatie van Rand- en IJsselmeervissers

Treubstraat 17, 2288 EH Rijswijk

Nederlandse Vereniging van Sportvissersfederaties

Postbus 288

3800 AG Amersfoort

Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland

Noordereinde 60

1243 JJ 's-Graveland

Koninklijk Nederlands Watersportverbond

Postbus 53034

1007 RA Amsterdam

Stichting Natuur en Milieu

Donkerstraat 17

3511 KB Utrecht

Vereniging tot Behoud van het IJsselmeer

Postbus 1

1135 ZG Edam

Nederlandse Vereniging tot Bescherming van Vogels

Driebergseweg 16c

3708 JB Zeist

Landelijke Vereniging tot Behoud van de Waddenzee

Postbus 90

8860 AB Harlingen

Belangenvereniging Beroeps Zeilschippers
Postbus 2031
2002 CA Haarlem

Vereniging Milieudefensie
Damrak 26
1017 ZD Amsterdam

Bond Heemschut
Nieuwezijds Kolk 28
1012 PV Amsterdam

Stichting Reinwater
Krammerstraat 54 II
1078 KJ Amsterdam

Contact Milieubescherming Noord-Holland
Nicolaasstraat 2b
1506 BB Zaandam

Stichtse Milieufederatie
Bunnikseweg 39
3732 HV De Bilt

Natuur- en Milieufederatie Overijssel
Thorbeckegracht 22
8011 VM Zwolle

Gelderse Milieufederatie
Jansbuitensingel 3
6811 AA Arnhem

Friese Milieuraad
Postbus 713
8901 BA Leeuwarden

Milieufederatie Flevoland
De Meent 20a
8224 BR Lelystad

De volgende RIN-rapporten kunnen besteld worden door overschrijving van het verschuldigde bedrag op giro 516 06 48 van het RIN te Leersum onder vermelding van het rapportnummer. Uw giro-overschrijving geldt als bestelformulier. Toezending geschiedt franco.

- 85/21 A.W.M.Mol, De literatuur over Nederlandse aquatische macrofauna tot 1983. 176 p. f 22,-
- 85/22 W.J.Wolff, Het effect van natuur- en milieubeschermende maatregelen op de levensgemeenschappen van de Waddenzee. 18 p. f 3,40
- 86/5 J.G.de Molenaar, Een literatuurstudie naar vogelsterfte door het opnemen van hagelkorrels. 16 p. f 4,-
- 86/7 M.Nooren, Inventarisatie van de houtwallen in het nationale park de Hoge Veluwe. 49 p. f 8,-
- 86/8 M.Nooren, Over het verleden van de Hoge Veluwe. 89 p. f 13,50
- 86/9 K.Stoker, De verspreiding van rode bosmieren op de Hoge Veluwe. 110 p. f 15,60
- 86/11 H.N.Leys, Oecologische en vegetatiekundige aspecten van de holwortel (*Corydalis bulbosa*). 132 p. f 19,-
- 86/13 M.Platteeuw, Effecten van geluidhinder door militaire activiteiten op gedrag en ecologie van wadvogels. 50 p. f 7,50
- 86/14 N.Dankers, Onderzoek naar de rol van de mossel en de mosselcultuur in de Waddenzee. 36 p. f 6,-
- 86/16 G.Hanekamp & H.M.Beije, Natuurwetenschappelijke aspecten van het machinaal plaggen van heide. 36 p. f 6,-
- 86/17 G.Visser, Verstoringen en reacties van overtuigende vogels op de Noordvaarder (Terschelling) in samenhang met de omgeving. 221 p. f 27,50
- 86/18 C.J.Smit, Oriënterend onderzoek naar veranderingen in gedrag en aantallen van wadvogels onder invloed van schietoefeningen. 44 p. f 7,-
- 86/19 B.van Noorden, Dynamiek en dichtheid van bosvogels in geïsoleerde loofbosfragmenten. 58 p. f 8,50
- 86/21 G.P.Gonggrijp, Gea-objecten van Limburg. 287 p. f 34,-
- 87/1 W.O.van der Knaap & H.F.van Dobben, Veranderingen in de epifytenflora van Rijnmond sinds 1972. 36 p. f 6,-
- 87/2 A.van Winden, G.Rijsdijk, A.Schotman & J.Philippona, Ruimtelijke relaties via vogels in het Strijper-Aangebied gedurende broedtijd en zomer. 97 p. f 14,50
- 87/3 F.J.J.Niewold, De korhoenders van onze heideterreinen: verleden, heden en toekomst. 32 p. f 5,-
- 87/4 H.Koop, Het RIN-bosecologisch informatiesysteem; achtergronden en methoden. 47 p. f 7,50
- 87/5 K.Kersting, Zuurstofhuishouding van twee poldersloten in de polder Demmerik. 63 p. f 11,-
- 87/6 G.F.Willemsen, Bijzondere plantesoorten in het nationale park de Hoge Veluwe; voorkomen en veranderingen. 92 p. f 13,50
- 87/7 M.J.Nooren, Het verleden van de houtwallen in het nationale park de Hoge Veluwe. 23 p. f 5,-
- 87/8 G.Groot Bruinderink, D.Kloeg & J.Wolkers, Het beheer van de wilde zwijnen in het Meinweggebied (Limburg). 100 p. f 14,50
- 87/9 K.S.Dijkema, Selection of salt-marsh sites for the European network of biogenetic reserves. 30 p. f 5,50
- 87/10 P.Doelman, M.Fredrix & H.Schmiermann, Microbiologische afbraakprocessen als saneringsmethode van met bestrijdingsmiddelen verontreinigde gronden. 225 p. f 27,50
- 87/11 G.J.Baaijens, Effecten van ontwateringswerken in de ruilverkaveling

- Ruinerwold-Koekange. 64 p. f 9,-
- 87/13 J.A.Weinreich & J.H.Oude Voshaar, Populatieontwikkeling van overwinterende vleermuizen in de mergelgroeven van Zuid-Limburg (1943-1987). 55 p. f 8,-
- 87/14 N.Dankers, K.S.Dijkema, G.Londo, P.A.Slim, De ecologische effecten van bodemdaling op Ameland. 90 p. f 13,50
- 87/15 F.Fahner & J.Wiertz, Handleiding bij het WAFLO-model. 100 p. f 14,50
- 87/16 J.Wiertz, Modelvorming in de projecten van WAFLO en SWNBL. 33 p. f 6,-
- 87/17 W.H.Diemont & J.T.de Smidt, Heathland management in The Netherlands. 110 p. f 15,50
- 87/18 Effecten van de kokkelvisserij in de Waddenzee. 20 p. f 3,75
- 87/19 H.van Dam, Monitoring of chemistry, macrophytes, and diatoms in acidifying moorland pools. 113 p. f 16,-
- 87/20 R.Torenbeek, P.F.M.Verdonshot & L.W.G.Higler, Biologische gevolgen van vergroting van waterinlaat in de provincie Drenthe. 178 p. f 23,-
- 87/21 J.E.Winkelman & L.M.J.van den Bergh, Voorkomen van eenden, ganzen en zwanen nabij Urk (NOP) in januari-april 1987. 52 p. f 7,50
- 87/22 B.van Dessel, Te verwachten ecologische effecten van pekellozing in het Eems-Dollardgebied. 71 p. f 10,-
- 87/23 W.D.Denneman & R.Torenbeek, Nitraatimmissie en Nederlandse ecosystemen: een globale risico-analyse. 164 p. f 21,-
- 87/24 M.Buil, Begrazing van heidevegetaties door edelhert en moeflon; een literatuurstudie. 31 p. f 5,60
- 87/25 M.Post, Toelichting op de vegetatiekaart (1981) van het nationale park de Hoge Veluwe. 49 p. f 7,50
- 87/26 H.A.T.M.van Wezel, Heidefauna in het nationale park de Hoge Veluwe. 56 p. f 8,-
- 87/28 G.M.Dirkse, De natuur van het Nederlandse bos. 217 p. f 27,50
- 87/29 H.Siepel, C.F. van de Bund, W.K.R.E. van Wingerden, F.A. Bink, W.Bongers, A.A. Mabelis, G.J. Roelofsen, J. Meijer, M.H. den Boer, Beheer van graslanden in relatie tot de ongewervelde fauna: ontwikkeling van een monitorsysteem. 127 p. f 17,95
- 88/30 P.F.M. Verdonshot & R. Torenbeek, Lettercodering van de Nederlandse aquatische macrofauna voor mathematische verwerking. 75 p. f 10,00
- 88/31 P.F.M.Verdonshot, G.Schmidt, P.H.J.van Leeuwen, J.A.Schot Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijksvennen. 109 p. f 15,50
- 88/33 H.Eijsackers, C.F.van de Bund, P.Doelman, Wei-chun Ma, Fluctuerende aantallen en activiteiten van bodemorganismen. 85 p. f 13,00
- 88/34 T.de Wit, De effecten van ozon op natuurlijke ecosystemen; een literatuuronderzoek. 27 p. f 5,20
- 88/36 B. van Dessel, Ecologische inventarisatie van het IJsselmeer. 82 p. f 12,75